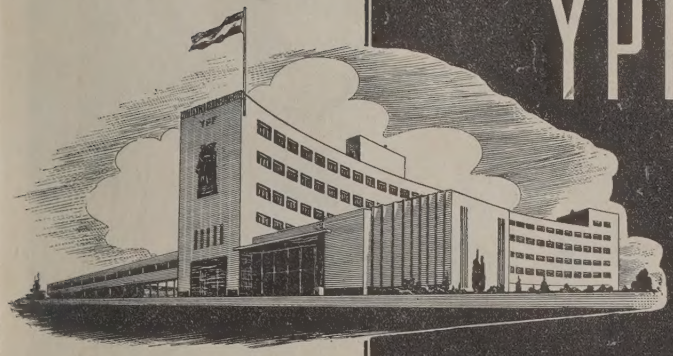
EL LABORATORIO DE INVESTIGACIONES YPF



...ORGANIZACION EFICIENTE AL SERVICIO DEL PAIS

Este laboratorio, el mayor de Sudamérica. constituye una demostración irrefutable de la capacidad de los técnicos argentinos. Sus instalaciones —en su gran mayoría— fueron proyectadas y construídas en los propios talleres de Y P F.

El sabio sueco Svedberg —ganador del Premio Nóbel de Química y director del Instituto Físico-Químico de Upsala— declaró durante una reciente visita al país:
"que había quedado impresionado por la eficiencia de su "organización y la calidad de los equipos utilizados en las "investigaciones".

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DE LA NACION
YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES

Como el barro para el hornero...

Así, tan indispensable como el barro para el hornero son los productos Esso en todas las actividades que, en una forma u otra, usan derivados de petróleo, ya se trate de las industrias, los transportes, la agricultura o el hogar.

Productos

Esso

para todo motor

- *Nafta, Lubricantes y productos especiales Esso para la aviación.*
- *Aceite Essolube - Grasas - Lubricantes Industriales - Nafta - Fuel Oil, Gas Oil y Diesel Fuel Oil - Petróleo Tracto Esso.*
- *Aguarrás, Solventes, Asfaltos, Parafinas y otros muchos derivados del petróleo.*

STANDARD OIL COMPANY, S. A. ARGENTINA - CIA NATIVA DE PETROLEOS S. A.
WEST INDIA OIL Co., S. A. PETROLERA ARGENTINA *Productores, elaboradores y distribuidores de los productos* Esso

La marca de Excelencia

EN TODO EL MUNDO . . . EN TODOS LOS HOGARES

Todo progreso importante tiene su origen en el pensamiento de los hombros de talento.

Carlos P. Steinmetz fué uno de estos hombres, uno de los muchos sabios vinculados a la historia de la General Electric, en cuyo laboratorio de investigación científica dejó impresa la huella de su genio extraordinario.

Steinmetz, conocido por el sobrenombre del "sabio matemático", al facilitar a los ingenieros electricistas de su tiempo la solución de sus problemas por medio del análisis matemático, dió un gran impulso al desarrollo de la electricidad.

Actualmente el personal científico de la General Electric sigue los pasos de Steinmetz en la realización del constante deseo de la General Electric de facilitar las tareas del hogar y de la industria por medio de ese flúido, casi milagroso, que llamamos electricidad.

Productos de la General Electric Co., E. U. A.

GENERAL ELECTRIC
SOCIEDAD ANONIMA

BUENOS AIRES - ROSARIO - CORDOBA - TUCUMAN - MENDOZA

Desde las CANTERAS...

Desde el instante en que la materia prima se extrae de la cantera, hasta que entra a los hornos, va sufriendo, mediante potentes maquinarias, una serie de trituraciones y moliendas que la transforman de enormes bloques de centenares de kilos a polvo extremadamente fino. Todo este proceso es estrictamente controlado y regulado por los laboratorios, en su doble aspecto de composición química y molturación, con el fin de obtener las condiciones necesarias para el proceso de cocción. Este es uno de los numerosos aspectos de la fabricación del cemento San Martín y del cemento Incor de endurecimiento rápido, mediante cuyo rígido control se asegura la constante uniformidad que los caracteriza a través de los años.

★★★★★★★★★★★

COMPAÑIA ARGENTINA DE CEMENTO PORTLAND

RECONQUISTA 46 • (R3) • BUENOS AIRES ★ SARMIENTO 991 • ROSARIO

SUBSTITUCION DE UN NOMBRE GENERICO

POR

LUCAS J. KRAGLIEVICH

En un trabajo aparecido en 1917 (« Notas sobre algunos carnívoros fósiles y actuales de la América del Sud », pág. 13), el paleontólogo Alcides Mercerat fundó el nuevo género de cánidos *Pleurocyon*, para la especie *Palaeocyon tarijensis* Amegh. (F. Ameghino: « Notas sobre algunos mamíferos nuevos o poco conocidos del Valle de Tarija », en *Anales del Museo Nac. de Hist. Nat.* (3), I, pp. 232-236, Lám. I, figs. 2 y 3, Buenos Aires, 1902), considerando que dicha forma no correspondía al género *Palaeocyon* [1] Lund, cuya especie genotípica, *P. troglodytes* Lund, procede de los depósitos fosilíferos de las cavernas del Sud del Brasil. Varios años después de aparecido el trabajo de Mercerat, en 1928, Kraglievich (L. Kraglievich: « Contribución al conocimiento de los grandes cánidos extinguidos de Sud América », en *Anales de la Soc. Científica Argentina*, CVI, pp. 39-41, Buenos Aires, 1928) se encargó de demostrar que dicha especie *tarijensis* corresponde, con más probabilidad, al subgénero *Theriodictis* del género *Canis*, por donde resulta que *Pleurocyon* Merc. es un mero sinónimo de este último.

Como quiera que, en 1919, vale decir, dos años después de haber dado a conocer Mercerat su nuevo género *Pleurocyon*, el sabio norteamericano O. A. Peterson (O. A. Peterson: « Report upon the material discovered in the Upper Eocene of the Uinta Basin », en *Annals of the Carnegie Museum*, XII, pp. 52-60, pl. XXXV, 1919) fundara un nuevo género de carnívoros fisípedos de la superfamilia *Miacoidea* (considerados creodontes por ese entonces), al que denominó también *Pleurocyon*, resulta este nombre invalidado por *Pleurocyon* Mercerat 1917, que tiene evidente prioridad.

[1] De acuerdo con G. G. Simpson (*Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, vol. LXXXV, pág. 110, New York, 1945), *Palaeocyon* Lund 1843 está preocupado por *Palaeocyon* Blainville 1841, y debe denominarse *Protocyon* Giebel, 1855.

De acuerdo a lo expuesto, adopto su especie típica *Pleurocyon magnus* Peterson como tipo de un nuevo género que, en homenaje a la memoria del Dr. O. A. Peterson, se denominará *Petersonella* n. gen., de modo que el citado miácido pasa a llamarse ahora *Petersonella magna* (Peterson). Integra el género una segunda especie también creada por ese paleontólogo, que se denominará *P. media* (op. cit., pág. 59).

El género *Petersonella*, integrante de la subfamilia *Miacinae* de la familia *Miacidae*, presenta según Peterson vinculaciones íntimas con los géneros *Vulpavus* y *Oödectes* y procede de los depósitos eocenos de la clásica región de Uinta, en los Estados Unidos.

Buenos Aires, 25 de junio de 1948.

SECCION CONFERENCIAS

AL PIE DEL FITZ ROY

POR

NESTOR GIANOLINI

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 5 de mayo de 1948.

PRESENTACION DEL FITZ ROY

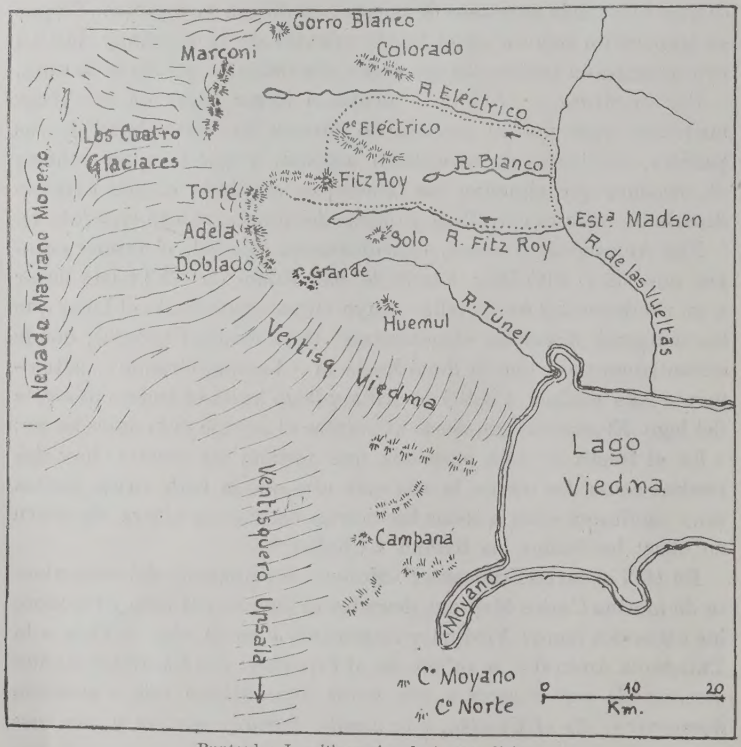
El cerro Fitz Roy, situado en la región noroeste del lago Viedma, es uno de los más hermosos de nuestra cordillera patagónica. Yergue su imponente señorío en el borde oriental de la misma y domina con majestuosa belleza las serranías circundantes y toda la llanura.

Por su altura — 3375 m, — ocupa el tercer lugar en los Andes australes; pero por su audacia de formas, la verticalidad de sus paredes, sus torres de severísimo aspecto, y por la noble cohorte de picachos que almenan sus flancos, es sin duda el más extraordinario de nuestra cordillera y quizás del mundo entero (ver foto 1).

Fué Antonio de Viedma, expedicionario español, el primer europeo que vió al Fitz Roy. Partió de San Julián en 1782 hasta llegar a un río denominado « Chalía », cuyo curso siguió hasta el lugar que los indígenas llamaban « Quesanexes » (hoy Piedra Clavada), donde encontró un paso que lo llevó hasta la « Laguna Grande », actualmente lago Viedma. Costeó su orilla y llegó hasta el ángulo noroeste del lago. El aspecto que desde allí ofrece el paisaje él lo describe así: « En el fondo de esta ensenada que forman las sierras, hay dos piedras como dos torres, la una más alta que la otra, cuyas puntas muy agudas exceden a todas las sierras vecinas en altura, sin nieve en ellas; los indios las llaman « Chaltèl ».

En 1877 el joven Francisco P. Moreno, acompañado del subteniente de marina Carlos Moyano, descubre el lago San Martín y reconoce los otros dos lagos: Viedma y Argentino, y en su obra « Viaje a la Patagonia Austral », se refiere así al Fitz Roy: *Los tehuelches me han mencionado varias veces y con terror supersticioso esta « montaña humeante ». Es el Chaltén, que vomita humo y cenizas y que hace*

temblar la tierra. Afirma también que su cono es uno de los más atrevidos del globo, y en la página 417 de su obra nos refiere: *Viedma cita en su diario esta montaña, al decir que hay dos piedras como dos torres que los indios llaman « Chaltén », pero no dice que sea un volcán, y no habiendo sido citado este volcán activo por navegante ni viajero, y como el nombre de « Chaltén » que le dan los indios también lo aplican ellos a otras montañas, me permito llamarle Fitz Roy, como una muestra de gratitud que los argentinos debemos al enérgico almirante inglés...* Este error en considerar al cerro Fitz Roy como un volcán activo lo corrige el verdadero explorador de la Patagonia, capitán Carlos Moyano, cuando, al correr del año 84, observando muy detenidamente al Chaltén, llega a la conclusión de que no se trata de un volcán y que los que han contribuído mucho en este aserto son los tehuelches con sus complicadas construcciones gramaticales.



Punteado: Los itinerarios de la expedición.

Los argentinos tenemos una gran deuda que saldar con este modestísimo marino mendocino que pocas veces escribió en primera persona y que fué el que aportó mayor contribución a los conocimientos geográficos de la Patagonia.

En 1916 la Sociedad Científica Alemana organiza una expedición en la zona del Viedma, la que recorre el trecho entre los cerros Fitz Roy y Huemul y logra escalar a este último por primera vez. Se proponía llegar hasta los canales del Pacífico, pero el continuado mal tiempo le obligó a desistir de la idea; fueron estos expedicionarios quienes esbozaron un esquema topográfico de la zona del ventisquero Viedma y bautizaron a las cadenas y montes observados, como el cordón Mariano Moreno y el cordón Adela, con sus cerros Grande, Doblado, Torre, etc.

En el verano de 1937 una expedición italiana dirigida por el conde Aldo Bonacosa intenta escalar el cerro Fitz Roy, pero sólo logra ascender hasta una altura de 2750 m, donde se ve detenido por las paredes de granito que llegan hasta la cima.

Por último debemos mencionar los viajes de estudio y exploración realizados por el sacerdote Alberto De Agostini, quien desde Tierra del Fuego hasta Bariloche ha recorrido casi toda la cordillera, aportando interesante observación científica y fotográfica. Hasta nuestros días sería el único que ha logrado cruzar la cordillera, atravesando el glaciar Upsala hasta llegar a divisar siquiera las aguas del fiord chileno Falcón.

DESCRIPCION DE LA ZONA DEL FITZ ROY

El viajero que después de atravesar las desoladas y monótonas estepas patagónicas arriba al lago Viedma, queda gratamente compensado de sus fatigas, pues el paraje ofrece una visión grandiosa de la cordillera. El ventisquero homónimo, que desciende delicadamente, como inmenso río de cristales blanco-azulados, y más al norte la torre majestuosa del Fitz Roy, que domina todas las demás cumbres, suscitan la más profunda admiración.

Tras de algunos cordones morénicos que ocultan en parte al coloso, surge de pronto un bosque en toda su alegre policromía.

En muchas partes la floresta ha sido destruída por incendios, casi siempre fortuitos, impartiendo tristeza a la austeridad del paisaje. Se camina durante largas horas por encima de pilas de troncos negros y blancos carbonizados, que conservan todavía mu-

ñones de ramas. A los pies de las lomas bajas de origen glacial, serpentea el caudaloso río de las Vueltas, alimentando al fértil valle donde se asentó en el año 1902 el muy joven marino dinamarqués Andreas Madsen, incorporado a la Comisión de Límites que recorría esta región, entonces completamente desconocida y desierta.

PRIMERA EXPEDICION ARGENTINA AL FITZ ROY

Al contemplar una montaña tarde o temprano sentimos el afán de conquistar su cumbre. En mayor o menor grado todos experimentamos vagamente el impulso del « más allá » (ver foto 2).

El escalador ocupa una posición aislada en el mundo del deporte y despierta una curiosidad no exenta de sospechas. La más popular explicación de su afición, es la creencia de que el alpinista siente una pasión perversa por el peligro y que nunca es tan feliz como cuando expone su vida. Puede no ser el alpinismo uno de los deportes más seguros, pero sin duda lo es más que otros en los cuales el peligro no cautiva tanto la imaginación.

Durante muchos meses, con los reputados andinistas Juan Zechner y Mario Bertone, vencedores del Aconcagua y también del Matterhorn este último, habíamos acariciado la idea de intentar el escalamiento del arrogante « Chaltén ».

El 6 de Enero partimos finalmente de Buenos Aires, cristalizando así el proyecto largamente estudiado. La estancia Madsen nos acogió con la ya clásica hospitalidad patagónica, y mientras esperábamos los víveres que debían llegar de un momento a otro, realizamos cortas exploraciones, tratando de buscar una buena ruta, pues la expedición italiana que antes mencionamos había afirmado la imposibilidad de una ascensión por el lado del levante.

PRIMER CAMPAMENTO - LA CASCADA

Nuestra observación y los valiosos datos de Madsen nos llevaron a encarar el coloso por su faz del poniente. Repartidos ya los víveres, y acomodados convenientemente los 500 metros de soga, los clavos y los mosquetones, partimos al amanecer del día 26, y seguimos uno de los caminos que habíamos reconocido. La travesía de los bosques, que despertaban de su letargo nocturno, nos proporcionaba continuo motivo de profunda admiración. Luego,

con el toque mágico del sol, todo fué cobrando color, y las tonalidades del verde se iban sucediendo a lo largo de la senda; el murmullo de los arroyos y la magnificencia de aquella mañana constituían un verdadero embrujo.

Se iba cerrando la noche cuando nos acercamos al linde del bosque, y cerca de la primera morena lateral del ventisquero establecimos nuestro campamento, al que denominamos « Cascada ruidosa » (foto 3). La noche fué admirable; las estrellas resplandecían en el terciopelo de la noche, y todo presagiaba un buen éxito.

SEGUNDO CAMPAMENTO - TORMENTA

Nos levantamos muy temprano y partimos ventisquero adentro, excesivamente cargadas las mochilas, pues pensábamos establecer otro campamento, y lógicamente había que transportar sobre los hombros buena parte del material traído en cinco caballos. Tomamos por el filo de la morena en la margen derecha del glaciar y padecimos durante catorce horas bajo el agobiante peso, sorteando parajes desagradables y saltando sobre formaciones rocosas que obstaculizaban la marcha (foto 4).

Las últimas claridades se iban esfumando cuando acampamos al amparo de un gran bloque de granito, desprendido seguramente por alud sobre el campo de hielo.

Esa noche se anunció mucho menos favorable; poco a poco los cerros se fueron tapando con nubes, y desde nuestra caverna tuvimos sobrada oportunidad para contemplar relámpagos rasgando la bóveda plomiza. Bertone nos hizo notar que debíamos alejar inmediatamente piquetas y clavos, pues éstos obran como pararrayos en la cordillera, y son muchos los imprudentes que quedaron así fulminados. La triste soledad, la tormenta y el peligro de que cediera la piedra bajo la cual nos guarecíamos no lograron, con todo, impedir que nos venciera el cansancio...

TERCER JORNADA Y CUATRO DIAS DE MAL TIEMPO

Cuando despertamos el sol brillaba triunfante en el azul de un cielo despejado. Dejamos en el refugio buena parte de las provisiones, pues pensábamos en esa mañana internarnos muy adentro del campo de hielo para observar bien de frente los paredones del Fitz Roy en su cara occidental.

A las tres horas de marcha, en un zanjón protegido por grandes piedras, sobre el ventisquero mismo, dejamos nuestras bolsas de dormir, las carpitas y algunos víveres, decidiendo desde ya que éste sería nuestro tercer campamento. Así aligerados de la carga proseguimos camino, hasta hallarnos frente a frente con las escarpes del Fitz Roy. Ocupamos algunas horas observando cuál podría ser la ruta más conveniente, y nos decidimos por un « canal » que parecía accesible. Pero lo avanzado de la hora nos obligó a regresar, y lo hicimos tan prestamente que a las 21 nos hallábamos de regreso en nuestro campamento de Cascada Ruidosa, donde teníamos cita con el señor Madsen. Este se había encargado de traernos el resto de los alimentos, que nosotros llevaríamos hacia arriba juntamente con sogas y clavos.

AL PIE DEL COLOSO - RECEPCION HOSTIL

El mal tiempo nos obligó a quedarnos cuatro días en este lugar; la lluvia persistente parecía no querer terminar, y nuestro más vehemente deseo era quedar establecidos con todos los elementos muy cerca de nuestro objetivo.

Volvimos a partir hacia adentro, una tarde muy nublada pero sin viento, y llegamos hasta el lugar donde dejáramos las carpas y los utensilios; la temperatura comenzó a descender y nos obligó a pensar en la conveniencia de buscar otro sitio más reparado, ya que el piso de hielo y los copos de nieve que caían en abundancia, nos auguraban una estadía poco agradable. Al abrigo de enormes bloques, en una morena al pie de la cumbre misma y próximos a un paredón que se alzaba por más de mil metros sobre nuestras cabezas, establecimos el puesto de avanzada (ver foto 5).

Esa noche fué terrible; el viento castigaba implacablemente las carpitas, y la nieve las iba cubriendo poco a poco. Tuvimos que preparar la cena dentro de la carpa, pero el calor interno y el gran frío exterior desataron en ella una lluvia inesperada muy desagradable, que contribuyó a amargarnos la jornada; se nos mojaron los sacos de dormir y toda la ropa.

Los días subsiguientes no fueron mejores; el viento azotaba las carpas y la nieve no cesaba; las provisiones iban llegando a su término y el tiempo maligno nos roía los nervios. Finalmente, y a pesar del viento, la nieve y peligros del ventisquero, decidimos abandonar este campamento y regresar al primero.

PRIMERA TENTATIVA - LLUVIA DE PIEDRAS

Días más tarde volvimos, reabastecidos, a instalarnos nuevamente al pie de la cumbre, y en una mañana esplendorosa del 6 de febrero intentamos el primer ataque.

Marchamos regularmente durante cinco horas, no sin dificultad con la nieve, que se iba ablandando por efecto del sol y nos hacía hundirnos a veces hasta las rodillas. A medida que ascendíamos, notamos algunos desprendimientos, a los que no atribuímos mayor importancia, pero cuando el sol se encontraba ya por encima de nuestras cabezas, ellos fueron tomando incremento hasta convertirse en una verdadera lluvia pétrea que tornaba peligroso cada paso.

Al llegar a los 2700 metros se alzó frente a nosotros un paredón vertical y sin grieta alguna, que nos cerró el camino.

La mayoría de las piedras pasaban muy cerca de nosotros, produciendo un silbido característico que denominamos « silbido lúgubre ». Dada la gran velocidad que llevaban ni nos era posible localizarlas. Desde este lugar divisamos un « canal » situado más hacia el norte, que pareccía ofrecer mejores perspectivas y menos peligro. A él nos dirigimos, atravesando un planchón de hielo, pero a mitad de camino una piedra de considerables dimensiones, desprendida seguramente de algún alto paredón, pareció dirigirse certeramente hacia nuestro grupo, y tuvimos que guarecernos velozmente tras de una roca cercana, milagrosamente ubicada para nuestra salvación. Seguidamente se precipitaron desde la cumbre piedras que no rebotaban en parte alguna, dada la verticalidad de la pared, produciendo el característico silbido anteriormente mencionado. Continuar el cruce era temerario, y nuevamente debimos renunciar a la empresa. El descenso fué bastante penoso, pues la lluvia de piedras no cesaba, y teníamos que elegir de antemano un posible resguardo antes de recorrer cada trecho.

SEGUNDA Y TERCERA TENTATIVA

Un nuevo regio amanecer nos invitó a encaminarnos hacia un « canal » de hielo que habíamos observado el día anterior. A los 700 metros de altura comenzamos a caminar encordados, pues el terreno iba ganando constantemente en inclinación. Pronto se volvió necesario el uso de grampones, y, además, tuvimos que hacer escalones sobre el hielo para poder establecer el equilibrio.

Al llegar a la mitad de este « canal » la inclinación era tal que cualquier paso en falso de uno de nosotros podía costar la vida de los otros dos. Se discutió la prosecución, pero finalmente iniciamos el descenso.

Nuevamente en la base de la pared y después de un merecido descanso continuamos la marcha por sobre el glaciar, dirigiéndonos hacia el fondo del valle. Aquí los campos de hielo estaban sumamente agrietados y las recientes nevadas habían formado sobre algunas fisuras puentes de escasa resistencia, por cuya razón debimos marchar atados para no perdernos en abismos que en muchas partes sobrepasaban los 200 metros de profundidad. Algunas caídas fueron, con todo, inevitables, pero no tuvieron mayores consecuencias, y fueron alegremente comentadas.

PASO INESISTENTE

Suponíamos que al finalizar el campo de hielo y sobre la margen derecha del ventisquero debía existir un paso de comunicación con el valle Eléctrico, pues esta hipótesis está sustentada en un libro y también la habíamos escuchado a algunas personas. Tal creencia es errónea, pues tal paso no existe. En cambio el explorador se encuentra en presencia de un verdadero bolsón constituído por Fitz Roy al Este, cordón Adela y cerro Torre al Oeste, y cerrando el valle, hacia el Norte, una cadena de cerros de poca altura, sin nombres aún, en la cual predomina el monte Pollone (ver fotos 6 y 7).

Dicha cadena está constituída por una serie de cascadas de hielo con abundantes formaciones de « séracs » y sus típicas grietas de insospechable profundidad y de coloración verde azulada indiscriptiblemente bella. Debido al gran calor reinante ese día los aludes eran casi continuos, imposibilitando cualquier tentativa de ascensión. Nos detuvimos en el punto más prudente y aconsejable para gozar del panorama extraordinario, tan raramente ofrecido a los mortales. Este valle jamás había sido recorrido en su totalidad; éramos nosotros los primeros en hollarlo.

Del punto de vista alpinístico es éste sin duda el único valle que puede brindar por ahora ascensiones interesantes y realizables; y del científico merece un estudio más intenso, pues a menudo presenta a geólogos y mineralogistas cerros de aspecto totalmente desconocido, con abundante material de interés; panorámicamente

presenta uno de los lugares privilegiados entre los Andes patagónicos. Es, pues, sensible que hasta ahora permanezca tan desconocido como un lugar de leyenda.

EL FITZ ROY VISTO DE ATRAS

Con ayuda de prismáticos descubrimos un portezuelo en el collado norte del bolsón, desde el cual supusimos sería posible observar las dificultades de ascensión en el tramo final del monte granítico. Decidimos entonces intentar al día siguiente este camino. Nuevamente el tiempo volvía a favorecernos, y la tranquilidad y diafanidad del día nos hizo emprender la marcha muy temprano hacia el cordón norte del bolsón. Al llegar al pie de la ladera la nieves muy blanda nos retrasaba mucho en la ascensión; por otro lado el declive era bastante pronunciado, y largos trechos de hielo durísimo exigían gran cautela en la marcha. Las grietas nos sonreína por doquier en toda su horrible belleza, y trozos inmensos de hielo suspendidos como espada de Dámocles sobre nuestras cabezas podían en cualquier momento originar un alud de fatales consecuencia.

Sorteando todas las dificultades llegamos al filo; el Fitz Roy observado desde este collado cambia fundamentalmente de aspecto. No presenta ya la misma belleza imponente que desde el Levante, pero gana en severidad y verticalidad; deja de ser un solo coloso erguido en medio de su corte, para dar la impresión de una verdadera procesión de frailes encapuchados a cuyo frente la cumbre misma oficia de prior. Dicha procesión va de mayor a menor, y cuando intenté contar estas inyecciones graníticas el número superó en mucho al centenar, sin tener en cuenta las torres menores. Sería imposible reconocer en este grupo tan extraordinario al Fitz Roy de elegantes líneas que deja extático al que lo contempla desde la estancia Madsen (ver fotos 8 y 9).

Grande fué nuestro asombro y el de quienes escucharon luego nuestro relato al respecto. Este monte cordillerano se diferencia de cualquier otro por la falta de cresta verdadera, ya que las que parecen ser tales vistas desde la lejanía no existen en realidad.

El escalamiento por el lado de la procesión granítica no parece factible, pues sus agujas de piedra no se pueden rodear y sus paredes de granito están constituídas por extensas placas verticales absolutamente lisas que vuelven muy difícil el ascenso.

ABANDONO DE LA TENTATIVA

Estas observaciones nos indujeron a abandonar la idea de otra tentativa por este lado. Resolvimos regresar a la estancia y tratar de probar suerte por el valle del río Eléctrico, en el cual nos internamos el 14 de febrero. El valle nos recibió con mal tiempo. Al abrigo de una gran loma aborregada establecimos el campamento, y durante dos días debimos soportar las inclemencias de un viento huracanado. Como el tiempo no diera muestras de cambiar, ocupamos una mañana algo más serena en reconocimiento hasta el cordón Marconi, y por un glaciar lateral muy próximo del cordón anteriormente mencionado nos encaminamos hasta uno de los contrafuertes del Fitz Roy. Muy cerca de la pared que se alza hasta la cumbre misma comenzó a envolvernos una tormenta; los cerros quedaron envueltos en un mar de nubes, y lluvia, nieve y descenso de temperatura nos obligaron a emprender la retirada cuidadosa y rápidamente (ver foto 10).

El continuado mal tiempo y el fin de los días disponibles nos hicieron regresar a la estancia de Madsen, donde dimos por finalizada la expedición.

FUTURAS EXPEDICIONES Y SU IMPORTANCIA

Dejando de lado las impresiones de orden panorámico emocional, varias e interesantes han sido las observaciones que como saldo nos ha dejado esta expedición. En primer término debo referir que muchas veces me sigo preguntando todavía por qué se continúa llamando valle del Fitz Roy al campo helado que nosotros exploráramos; ¿por qué el ventisquero y el río que corren al oeste del macizo llevan su nombre? No he visto un solo glaciar, de los tantos suspendidos, que eche sus aguas a este valle. La lógica denominación sería la de valle, ventisquero y río « del cerro Torre », puesto que éste es el soberano en todo un extenso cordón donde suavemente declinan infinidad de glaciares — provenientes del Viedma. — Ellos forman y alimentan un extenso campo de hielo que desagua en un torrentoso río, afluente del De las Vueltas.

Algo que nos llamó poderosamente la atención: fué la formación en el glaciar mismo de pequeños pozos de forma oval, con un promedio de 1,00 × 0,40 metros, y de bastante profundidad

Foto Nº 1. — El Fitz Roy (3370 m) visto desde la estancia de Madsen.

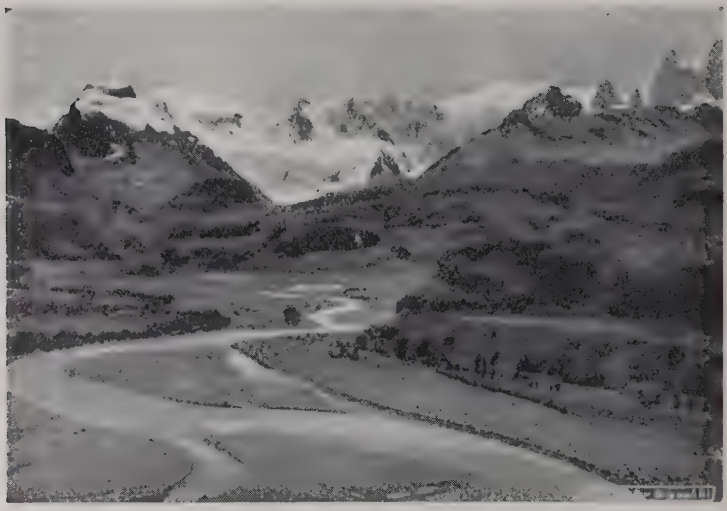


Foto Nº 2. — Valle y río Fitz Roy. A la izquierda cerro Solo y Cordón Adela.

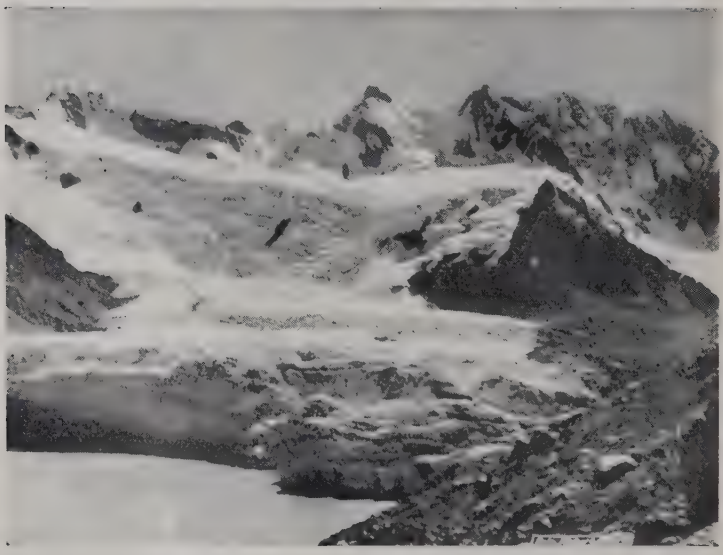


Foto Nº 3. — Ventisquero Fitz Roy Al fondo los cerros Ñato, Doblado y Cordón Adela.

Foto Nº 4. — Cerro Torre (3020 m)

Foto Nº 5. — El Fitz Roy visto desde el S.

Foto Nº 6. — Margen derecha del fondo del valle.

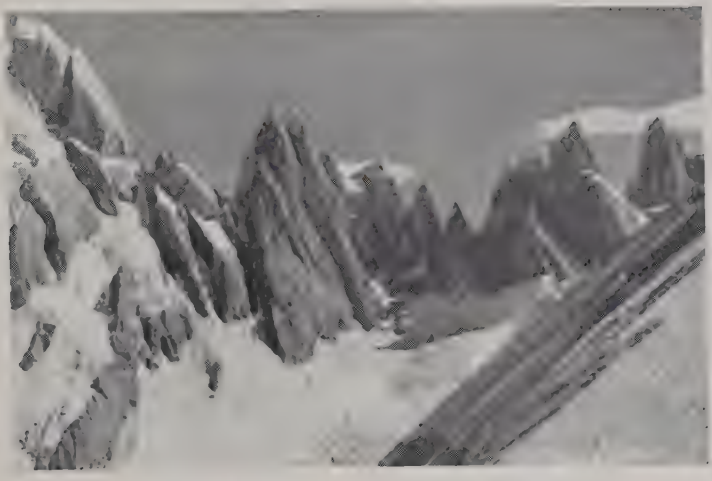


Foto N° 1. Margen izquierda del fondo del valle

Foto N° 2. La procesión granítica de coloso.

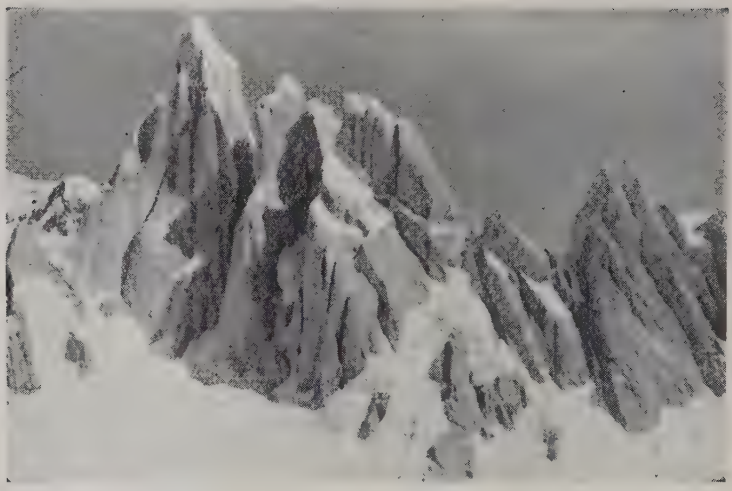


FOTO Nº 9. — Cerro Torre, observado desde el NO.

FOTO Nº 10. — El cerro Fitz Roy desde el valle lateral al río Eléctrico.

(uno a dos metros), en cuyo fondo siempre había una piedra. ¿Se tratará, acaso, de minerales radioactivos?; ¿o de una rara formación glaciar desconocida? ¿Dónde está situado el famoso volcán que los viajeros afirmaban haber visto vomitar fuego y cenizas, y que aún hoy muchos pobladores señalan lanzando columnas de humo y resplandores ígneos?

Con respecto a este tópico creo menester citar lo que he leído no ha mucho en un periódico chileno; un señor Keller, que ha cruzado en avión el ventisquero Viedma, da por bien segura la existencia de un volcán en el mar de hielo, afirmando haberlo visto en actividad. ¿Se tratará del típico nunatak, con nubes bajas que lo asemejan a un volcán? ¿O es volcán en realidad?

Estas preguntas, y muchas otras más, sólo se resolverán con el envío de expediciones serias a las que tocará resolver el problema.

El andinismo debe orientar su actividad emotiva al cientifismo; con ello no sólo ensanchará los dominios del conocimiento humano en el orden geográfico, sino que profundizará en la percepción de factores que influyen mucho en la evolución de otros aspectos de la vida humana.

Las comisiones que deseen penetrar en el corazón de esta región no deben olvidar que la formación de enormes planicies heladas inmóviles, y el tipo de los hielos continentales árticos, les presentarán las mismas dificultades que las de una expedición polar; pero todos los padecimientos y fatigas quedarán hartamente compensados; y vale la pena recordar al respecto las palabras del capitán Moyano: *Dichoso el mortal que un día recorrerá aquellas llanuras que ejercen sobre mi imaginación la atracción más poderosa que yo haya experimentado por lo desconocido...*

(*El señor Gianolini se propone en el próximo verano cruzar el hielo continental, o sea «Los Cuatro Glaciales» de la expedición Reichert, siguiendo uno de los valles al norte del Fitz Roy; empresa que contará con los auspicios de la Sociedad Científica Argentina*).

LOS BOSQUES PETRIFICADOS DE SANTA CRUZ

POR

ARMANDO F. LEANZA

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 19 de mayo de 1948.

En febrero del año en curso, la Sociedad Científica Argentina me dispensó el honor de efectuar el estudio geológico de un sector de la Gobernación de Santa Cruz, con el fin de establecer la posición estratigráfica de los bosques petrificados de dicha región, de cuya existencia se tenían noticias desde hace algo más de cuatro lustros. En dicho viaje me acompañó el señor Gervasio Francisco Páez.

Dispersas en la literatura geológica y en revistas de divulgación científica se encuentran referencias, imprecisas y vagas las más de las veces y concretas algunas, acerca de los bosques petrificados de Santa Cruz. Siendo así que todavía no ha aparecido ningún estudio geológico completo sobre los mismos. La descripción del paisaje geológico con referencia a las transformaciones experimentadas por la región en el curso del tiempo, constituirá el argumento de que me ocuparé en la presente oportunidad.

Antes de entrar en materia, debo agradecer la presentación que de mi persona acaba de efectuar el señor Capitán de Fragata, Don Teodoro Caillet-Bois.

Hace algo más de 70 millones de años, en lo que es hoy una región desolada de nuestra Patagonia, floreció un bosque cuyos despojos se encuentran a la vista del viajero como testimonio de los cambios geológicos que ha sufrido esta porción de nuestro territorio. Por cierto, bien diferentes de las actuales debieron ser las condiciones climáticas bajo cuyo amparo pudieron prosperar los

gigantescos árboles que se han fosilizado en el mismo lugar donde transcurrió su vida en lejanas épocas geológicas.

Podrá parecer exagerada la apreciación que acabo de formular acerca de la antigüedad del bosque, pero conviene advertir que si de algo peca la cifra consignada es precisamente por lo contrario, vale decir, que con ella he querido expresar la edad mínima probable del bosque petrificado.

Se me preguntará qué razones tenemos los geólogos o paleontólogos para determinar la edad absoluta expresada en años de un determinado estrato o de un determinado fósil hallado en una u otra formación geológica.

Y, sin duda, la pregunta podrá ser formulada no sin cierto dejo de escepticismo o, por lo menos, con la convicción de que dichos cálculos son producto de la imaginación de quienes expresan tales cifras.

Sin embargo, la determinación de la antigüedad geológica se basa en el conocimiento de la velocidad con que se efectúa la desintegración de los minerales radioactivos contenidos por las diferentes rocas que afloran en la superficie terrestre.

Las investigaciones realizadas acerca de la desintegración de dichos minerales, han mostrado que ella se produce a una velocidad constante, existiendo una relación matemática entre el tiempo y el producto final de la desintegración que es el plomo. Sobre esta base, en una muestra de mineral radioactivo se ha podido efectuar mediciones de la proporción existente entre el mineral aún no desintegrado y el que ya desintegrado, por pérdidas de cargas de electrones, se ha transformado en plomo. Aunque no todos los minerales radioactivos se desintegran con la misma velocidad, puede tomarse como promedio de la misma aquella según la cual una muestra de mineral radioactivo transforma la mitad de su masa en plomo en el correr de 10.000.000.000 de años.

Estudios efectuados en rocas de edad geológica similar a las que contienen los restos de árboles del bosque de Santa Cruz, han dado una proporción tal, entre mineral radioactivo y plomo, que por una sencilla operación aritmética dió la cifra de los 70 millones de años que hemos puntualizado.

Y para que estos millones de años no sean tenidos por algo extraordinario, diré que en nuestro mismo país se conocen restos fósiles de edad mucho más considerable, teniendo algunos invertebrados

marinos hallados en la Precordillera de San Juan una antigüedad de 800 millones de años. Dichos restos, dicho sea de paso, constituyen la fauna más antigua hallada en la América del Sud.

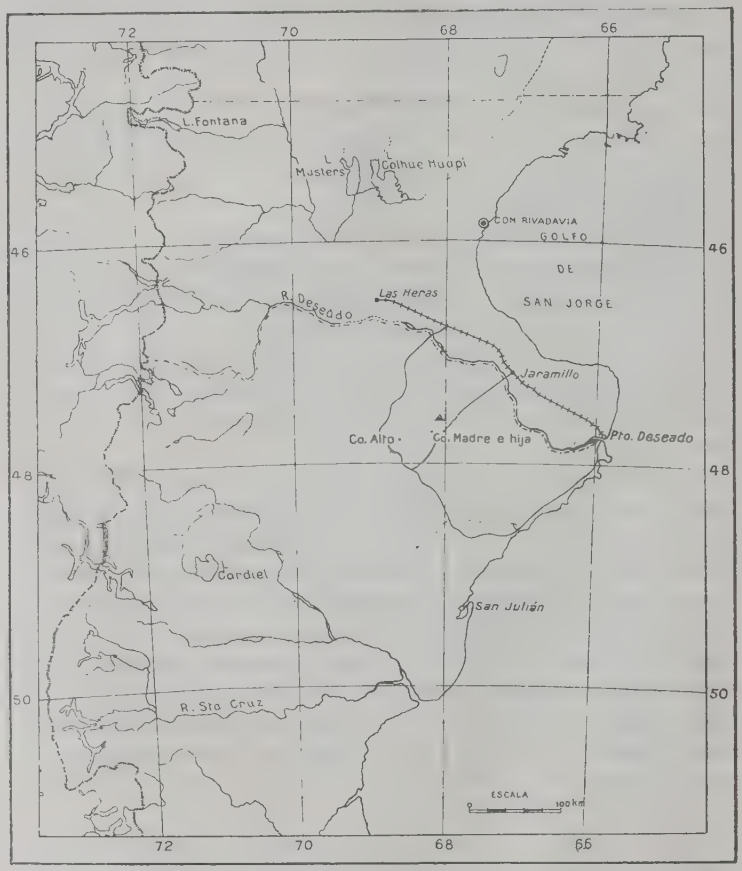


Fig. 1. — El pequeño triángulo negro al NE del cerro Madre e Hija indica la posición del bosque petrificado. Los árboles mayores se encuentran a oriente de la huella que reúne el bosque fósil con la localidad de Jaramillo.

Aunque luego habremos de volver sobre el tema de la edad del bosque petrificado, estando ya suficientemente ubicados en el tiempo, veamos cuál es la zona donde se encuentran sus despojos.

El área donde se hallan esparcidos árboles petrificados abarca una superficie algo mayor de 1000 kilómetros cuadrados. En ella se encuentran varios lugares donde existen grandes acumulaciones de árboles fósiles. Dos son las acumulaciones más importantes: una situada en las cercanías del cerro Madre e Hija y la otra al S y W del cerro Cuadrado. Esta última región es conocida por los pobladores como Bajo del Guanaco.

Nuestra estada en Santa Cruz fué casi exclusivamente dedicada al estudio del bosque que se encuentra en las cercanías del cerro Madre e Hija.

Para alcanzar dicho cerro con automotor es preciso recorrer una huella que parte de la ruta que reúne Puerto Deseado con Las Heras, en la localidad de Jaramillo (Km 120 del ferrocarril de Puerto Deseado a Las Heras). La huella mencionada pasa a pocos cientos de metros del bosque petrificado a cosa de 120 kilómetros de su nacimiento en Jaramillo. El lugar es inconfundible sobre todo por la impresión que recibe el viajero que viene del norte por cuanto, luego de recorrer un paisaje monótono de largas pampas basálticas tendidas a través de leguas y leguas, alcanza un panorama totalmente diferente.

Las rocas desnudas, en extensos afloramientos, sin que arraiguen en ellas sino muy contadas plantas xerófitas, presentan los colores más vivos, en una gama imposible de describir. Justamente antes de alcanzar la zona del bosque, la huella ha atravesado una región conocida como las Pirámides, en la que el terreno se presenta accidentado de tal manera que una serie de elevaciones que se alinean irregularmente, ofrecen el aspecto de gigantescas pirámides egipcias.

El ápice de las mismas está formado por negros mantos de lavas basálticas que son remanentes de la extensa cubierta de basalto que anteriormente cubría toda la región de las Pirámides y que, aún a través de grandes extensiones, cubre las bardas circundantes, formando las mesetas que bordean el bajo donde se encuentra el bosque petrificado.

El cerro Madre e Hija, también llamado Horqueta, está constituído en su parte superior por lavas basálticas. Este tiene una forma muy característica alzándose sobre el terreno circundante unos 100 metros. El nombre de Madre e Hija u Horqueta que ha recibido este cerro se debe a la circunstancia de que el mismo posee dos cumbres separadas por un portezuelo. La línea que reúne estas

cumbres tienen un rumbo aproximadamente norte sud, siendo la más septentrional la de mayor tamaño, correspondiéndole el calificativo de Madre; quedando el de Hija para la cumbre de menor tamaño. Aunque no es visible desde lejos como las dos que acabo de mencionar, en el extremo meridional de la cumbre menor, la Hija, se alza otra pequeña elevación puntuda, y que a un espíritu dado a exactitudes, le llevaría a proponer para este cerro el nombre de Madre, Hija y Nieta. Las dos cumbres basálticas principales del cerro Madre e Hija poseen una forma cónica y la lava que las forma está hendida longitudinalmente, disgregándose en columnas de base irregularmente exagonal. Este fenómeno, conocido en geología como segregación columnar de las lavas, se presentan muy frecuentemente en los basaltos y en las andesitas y en este caso particular, estas columnas son realmente extraordinarias, hallándose como tendremos ocasión de apreciar en una fotografía que luego proyectaremos, formando la masa de las cumbres del cerro.

De las observaciones geológicas efectuadas en la región, puede tenerse la presunción de que las moles basálticas de las cumbres del Madre e Hija forman los restos del interior de la chimenea o fisura de donde emanó la lava que cubrió las bardas próximas, incluyendo la zona de las Pirámides. Hoy, la amplia meseta formada por la efusión de esas lavas ha sido parcialmente desmantelada y seccionada por los agentes erosivos, quedando el centro eruptivo desconectado de los mantos que el mismo emitió. Allí donde los mantos de basalto han sido llevados por la erosión, aparecen las rocas sedimentarias formadas con anterioridad a la efusión volcánica, y en una de las formaciones geológicas que se encuentran por debajo de los mismos, se hallan incluídos los árboles del bosque petrificado.

En la masa del cerro Madre e Hija es donde se conserva más completa la sucesión de las distintas formaciones que afloran en la región. Ellas se han preservado justamente allí al amparo de la resistencia que ofrecen a la erosión, las cumbres basálticas del cerro mencionado. Justamente por debajo de éstas se observa una formación integrada por areniscas de color por lo general pardo amarillento-ocráceo, que contienen restos fósiles de invertebrados marinos. Entre los más abundantes figura una especie de *Ostrea* de valvas extraordinariamente gruesas y cuya conchilla alcanza, a veces, un espesor de 5 ó 6 cm y 30 cm de longitud. Estos sedimentos tal como lo demuestran sus fósiles, fueron depositados por un mar de

poca profundidad que invadió Patagonia a fines de la primera mitad del período Terciario. En el cerro Madre e Hija estos sedimentos constituyen los sectores de tonos claros que pueden observarse debajo de la faja basáltica de las cumbres. Su espesor visible no sobrepasa los 30 metros, aunque su potencia real debe ser algo mayor, estando tapada por los detritos provenientes de la destrucción del basalto que los cubre.

De las reconstrucciones paleogeográficas de este momento de la historia geológica, basadas en el estudio de la distribución de los sedimentos continentales y marinos, ha surgido el concepto de la existencia de una isla situada en el medio de la Patagonia, rodeada enteramente por el mar que sumergió extensas regiones hoy emergidas. Esta isla que ha recibido el nombre de Isla Deseado, tenía una de sus costas (la oriental) muy próxima a la zona del cerro Madre e Hija, cuyos sedimentos marinos indudablemente reflejan un ambiente de deposición costanera.

Los sedimentos sobre los que se apoya esta serie marina, constituyen un complejo de varios cientos de metros de espesor, compuesto esencialmente por tobas, formadas por la acumulación de lluvias de cenizas volcánicas. Entre estas tobas y los sedimentos marinos existe un hiatus geológico de larga duración, vale decir que anteriormente a la deposición de los sedimentos marinos y luego de que se depositaron las cenizas volcánicas, transcurrió un tiempo geológicamente largo sin que en la zona se formaran capas sedimentarias.

El primer geólogo que visitó los bosques petrificados de Santa Cruz, fué el doctor Anselmo Windhausen quien, en 1925, dió a conocer sus observaciones acerca de la posición geológica de los mismos. En dicho trabajo, Windhausen expresa que en el curso de sus primeras investigaciones geológicas en dicho territorio realizadas en 1919, tuvo noticias de la existencia de piñas petrificadas en el norte de Santa Cruz, teniendo ocasión de ver algunas en manos de los pobladores.

Impresionado por el buen estado de conservación de los fósiles que le habían mostrado, Windhausen trató de encontrar el yacimiento de donde procedían las piñas, y en el viaje de estudios efectuado a principios de 1922 pudo encontrarlo en las inmediaciones del cerro Alto, situado unos 30 kilómetros al SW del cerro Madre e Hija y al W del cerro Cuadrado. Durante su visita a este bosque

petrificado, que es el del cerro Cuadrado, Windhausen tuvo oportunidad de coleccionar una serie de estróbilos fósiles que fueron enviados a Alemania para su estudio. Allí fueron estudiados por un distinguido paleobotánico, el doctor Walther Gothan, quien refirió dichas piñas a una nueva especie que propuso designar con el nombre de *Araucaria windhauseni*, con el cual quiso recordar el del descubridor de tan valioso material.

El estudio de Gothan y las observaciones geológicas de Windhausen aparecieron en el tomo XXVIII del *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* que corresponde al año 1925.

Con casi un año de anticipación, en los *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, Carlos Spegazzini ya había publicado algunas de las piñas de este yacimiento, correspondiéndole el mérito indiscutible de haberlas descripto por vez primera. Al respecto, Spegazzini expresó que si bien eran pocos los materiales que iba a describir, al menos eran suficientemente interesantes para llamar la atención de los paleofitólogos, pues ellos se encontraban en un estado de conservación espléndido.

En este interesante trabajo, Spegazzini se ocupó de las piñas de Araucarineas de las que poseía tres: una fragmentaria que le había entregado su amigo el ingeniero C. Girola, otra casi completa que le había cedido el profesor José R. Molfino, y una tercera que debía a la amabilidad del profesor Arsenio Thamier.

Por lo que se refiere a la localidad de procedencia de los restos, Spegazzini expresa que ellos provenían del curso superior del río Deseado, en las cercanías del cerro Madre e Hija. Faltándole datos más precisos, geográficos y geológicos, Spegazzini se limitó a estudiar la morfología de las piñas sin entrar en otras consideraciones.

Spegazzini pudo establecer que dichos estróbilos pertenecían a una especie nueva para la ciencia, proponiendo para ella la designación de *Araucarites mirabilis* Speg.

Araucarites mirabilis Spegazzini fué fundada sobre ejemplares idénticos a los que Gothan clasificó como *Araucaria windhauseni.*

Como el primer nombre fué creado en 1924 y el segundo en 1925, éste debe ser desechado como sinónimo en beneficio del dado por Spegazzini, que tiene prioridad.

El segundo geólogo que visitó la zona de los bosques petrificados de Santa Cruz fué el doctor Elmer S. Riggs quien en el curso de sus exploraciones en Patagonia, coleccionó abundante material con

destino al Field Museum of Natural History, que había costeado su expedición.

Riggs como Windhausen, tuvo oportunidad de ver conos petrificados en manos de los pobladores de la región y también encontró el lugar de los yacimientos de los mismos en 1929. Fué Riggs quien primero afirmó que los restos de árboles que se encontraban en las inmediaciones del cerro Alto constituían un bosque petrificado y no una simple acumulación de restos de árboles petrificados. Más adelante nos habremos de referir a lo que debe entenderse por bosque petrificado.

Este distinguido paleontólogo nunca publicó el resultado de sus observaciones geológicas acerca de los bosques petrificados, limitándose a entregar sus informaciones al doctor G. Wieland, investigador asociado de la Carnegie Institution of Washington, que se ocupó de la investigación paleontológica del material recogido por Riggs. El resultado de la labor de Wieland se halla contenido en un volumen editado lujosamente por la Carnegie Institution y que vió la luz en 1935.

En 1927, el doctor Joaquín Frenguelli publicó un estudio geológico acerca de la edad de las capas con Araucaria fósiles, publicando buenas ilustraciones de los estróbilos del bosque petrificado.

El doctor Enrique Fossa-Mancini, también escribió acerca de los bosques petrificados de Patagonia, en relación con los estudios efectuados por Riggs y Wieland, pudiéndose encontrar referencias aisladas al bosque petrificado de Santa Cruz en varias publicaciones diferentes.

Entre los más entusiastas propulsores del conocimiento de estos bosques petrificados, figura el señor Franz Mansfeld, quien ha efectuado una serie de viajes al bosque petrificado y coleccionado abundante material, obteniendo, además, una serie de vistas fotográficas que me ha cedido, por intermedio del capitán Caillet-Bois, para ser proyectadas al final de esta exposición.

Dichas fotografías han sido publicadas ya por el señor Mansfeld, con textos explicativos, en una reseña acerca de los yacimientos de troncos y bosques fósiles que recientemente apareció en la Revista *Argentina Austral*.

Si exceptuamos los basaltos y el pequeño remanente de sedimentos marinos del Patagoniano conservados a media falda del Madre

e Hija, por muchas leguas a la redonda en el norte de Santa Cruz, no afloran otras rocas que no sean las tobas polícromas donde se hallan incluídos los restos del bosque petrificado, que junto con pórfidos cuarcíferos, queratófiros, bancos de conglomerados y areniscas forman un extenso afloramiento que se extiende a través de varios miles de kilómetros cuadrados.

Esta serie geológica descansa en los lugares donde se ha podido estudiar su basamento, directamente sobre granitos.

Fig. 2. — Vista de un árbol petrificado, erguido en el mismo lugar donde transcurrió su vida en lejana época geológica. El jovencito se halla sentado sobre una de las raíces. Foto A. F. Leanza

En la región del cerro Madre e Hija, esta formación geológica está constituída por cenizas volcánicas litificadas. En forma de «lluvia» cayeron estas cenizas y sepultaron el bosque, asegurando así la condición de que los árboles no hayan sufrido transporte acuático de ninguna naturaleza.

Esta observación es importante, por cuanto el concepto de bosque petrificado es independiente, en cierto modo, de la cantidad de árboles petrificados que puedan encontrarse en una región determinada, como veremos a continuación.

En efecto, se entiende por bosque petrificado, un yacimiento en que los árboles fósiles se hallan arraigados en el mismo lugar donde

transcurrió su vida en el pasado. Para establecer esta condición es necesario encontrar árboles petrificados en posición vertical, con las raíces incluídas naturalmente en la roca.

Arboles erguidos en estas condiciones existen en la zona del cerro Madre e Hija y ello determina la certidumbre de que los despojos arbóreos se encuentran « in situ » constituyendo entonces un bosque fósil.

De las consideraciones formuladas puede suponerse que pueden existir, como efectivamente las hay en la realidad, acumulaciones de árboles petrificados que, aún siendo muy abundantes en un lugar determinado, no constituyen bosques fósiles. Como sucede en la actualidad, también en el pasado los restos de un árbol pueden ser arrastrados por corrientes fluviales, o por lenguas glaciares hasta lugares muy alejados del que vivió el vegetal. En las formaciones deltáicas, esto es, en acumulaciones formadas en el delta de un río, especialmente cuando el curso del mismo cruza regiones boscosas, junto con el material sedimentario, la corriente arrastra también los árboles que caen en su seno. En el curso de cientos de años, considerable cantidad de vegetales pueden ser transportados y, lógicamente, estos restos han de quedar incluídos en el espesor de los sedimentos fluviales en posición más o menos próxima a la horizontal, luego de haber sufrido un transporte más o menos largo. En algunos casos, aún en sedimentos fluviales pueden hallarse troncos incluídos más o menos verticalmente. Para probar si se trata de un árbol que ha vivido en el mismo lugar donde se ha efectuado el hallazgo del fósil, es necesario practicar excavaciones con el fin de averiguar si el tronco termina bruscamente o si, en cambio, conserva sus raíces en posición biológica.

Casi sin excepción, los troncos incluídos en sedimentos fluviales están desprovistos de raíces, presentándose siempre en fragmentos poco considerables.

También en formaciones de origen marino pueden encontrarse restos de árboles fósiles, pero como los hallados en sedimentos fluviales, ellos no pueden constituir un bosque petrificado.

En el caso de los árboles petrificados de Santa Cruz, todavía existe una importante consideración geológica que formular para confirmar que ellos integran un verdadero bosque fósil, hecho que habíamos adelantado. Ella consiste en que los sedimentos que envuelven los troncos fósiles se han depositado por « lluvias » de

ceniza volcánica, hecho que aleja la posibilidad de que los árboles hallan podido sufrir un transporte acuático.

La cantidad de despojos arbóreos que yace en los faldeos de las lomadas es realmente extraordinario. Pequeños fragmentos de madera silicificada cubren, a veces, literalmente el suelo, con la misma densidad que en el lecho de un río de montaña pueden encontrarse rodados de las rocas más diversas.

Los restos de los árboles poseen un peso colosal. Teniendo en cuenta la densidad de la sílice que los forma, para los restos más gigantescos que se hallan en la región se alcanza la cifra de 100.000 kilos de materia mineral, que ha copiado fielmente la intensa estructura de la madera.

Por su inmensidad, no es posible calcular el número de fragmentos de madera fósil esparcidos en tan vasta región, pero puede asegurarse que existen varios millones de toneladas de madera totalmente convertida en sílice.

Entre las personas que han visitado el bosque petrificado del cerro Madre e Hija, el señor Federico Mansfeld ha efectuado una estadística métrica de los restos arbóreos y de cuyas cifras, por él rubricadas, las siguientes alcanzan para ilustrar el auditorio acerca de la cantidad impresionante de árboles petrificados.

Naturalmente las medidas que daré a continuación se refieren a fragmentos de árboles cuya pertenencia a un mismo ejemplar puede asegurarse, descontándose los fragmentos más pequeños que los rodean, y que en algunos casos, han de corresponder a los despojos mayores.

20	troncos	de	árboles	de	6	a	40	m	de	largo	con	⌀	de	1.50	a 2.80 m
5	»	»	»	»	0.50	a	7	m	»	»	»	⌀	»	1.00	a 2.60 m
8	»	»	»	»	11.20			m	»	»	»	⌀	»	1.60	
19	»	»	»	»	21	a	30	m	»	»	»	⌀	»	2.20	
19	»	»	»	»	31	a	40	m	»	»	»	⌀	»	3.50	
11	»	»	»	»	8			m	»	»	»	⌀	»	1.80	
1	»	»	»	»	57			m	»	»	»	⌀	»	1.25	a 1.70 m
1	»	»	»	»	63			m	»	»	»	⌀	»	1.70	

500 trozos de 50 a 300 kilos.

Como ya dijimos, los restos de árboles de los bosques petrificados de Santa Cruz se hallan totalmente silicificados. Las condiciones geológicas de los yacimientos correspondientes dan un hermoso ejemplo del proceso que ha motivado su fosilización.

El bosque fué enterrado por las lluvias de cenizas de una manera extraordinariamente rápida. La rapidez con que se produjo este fenómeno se dedude del hecho de que frecuentemente se encuentran piñas fértiles completamente enteras y es sabido que las piñas de las Araucarias, a los pocos días de su caída del árbol, se abren, dejando libres a las escamas ovulíferas. De ahí que al encontrárselas cerradas al estado fértil, se deduce que ellas han debido ser cubiertas rápidamente por las cenizas volcánicas, cuyo peso impidió su dehiscencia. Basta observar para confirmar lo que acabo de manifestar, lo que sucede con las piñas de las Araucarias que adornan algunos jardines, en cuyo suelo siempre se encuentran escamas ovulíferas en profusión, siendo por el contrario muy difícil hallar piñas enteras.

Una vez sepultado el bosque bajo las cenizas, la continuidad de los fenómenos volcánicos dentro de la zona cubierta por el mismo, pero esta vez por la acción de la actividad hidrotermal, aguas alcalinas cargadas de anhidrido silícico fueron las que penetrando por los intersticios de las rocas, depositaron molécula a molécula, partículas microscópicas de sílice coloidal en la masa de los árboles a medida que sus diferentes partes se iban descomponiendo. Este reemplazamiento gradual se fué produciendo paulatinamente, a medida que las diferentes partes de los árboles, de distinta constitución, se iban alterando y desintegrando, y la misma paulatinidad ha debido ocurrir sobre la base de la capacidad química selectiva propia de las distintas porciones de la planta.

Debido a este gradual reemplazamiento, la silice ha copiado fielmente los detalles más íntimos de la estructura histológica de los árboles y esta reproducción alcanza a ser tan perfecta que, muestras preparadas para ser examinadas al microscopio, permiten distinguir los contornos de las células que componían los tejidos del vegetal. Casos como éste se han citado para numerosos vegetales petrificados de otras regiones y los más excepcionales son aquéllos en los que se ha podido reconocer detalles de la morfología de la misma célula y de su contenido, como ser cloroplastos, núcleo, etc.

Por lo que se refiere a la posición sistemática de los restos vegetales de los bosques petrificados de Santa Cruz, hoy sabemos que pueden ser distribuídos en dos especies bien definidas de dos géneros muy próximos a las actuales Araucarias y, en mi particular opinión, no sería difícil que uno de ellos, corresponda directamente

al género *Araucaria*. Esta especie, sería la que recibió el nombre de *Araucarites mirabilis* por parte de Spegazzini y el posterior de *A. windhauseni* por parte de Gothan. Wieland, en 1935, consideró a esta especie como tipo de nuevo género que propuso designar con el nombre de *Proaraucaria*.

Tengo la impresión de que el mayor motivo que llevó a Wieland a proponer dicho género fué la pretendida antigüedad que se dieron a los restos fósiles desde que Windhausen afirmó que correspondían al Triásico medio. Ya Gothan advirtió al describir el material coleccionado por Windhausen que la morfología de las piñas fósiles las acercaba a las Araucarias actuales y que por ello, de no mediar la afirmación de Windhausen, las habría considerado más recientes que al Triásico. El Triásico, período con que se inicia la edad media de la Tierra, vale decir la era Mesozoica o Secundaria, está alejado de la actualidad por el correr de 120.000.000 de años.

Aunque por el momento, no puedo demostrarlo cabalmente, tengo la certidumbre de que estos restos de árboles petrificados corresponden al período cretácico, esto es, a una época geológica mucho más moderna que el Triásico y cuya parte superior se halla alejada de la actualidad por los 70.000.000 de años de que hablé al comenzar esta exposición, diciendo que dichos años representaban la edad mínima probable del bosque petrificado.

Pero, lo único cierto es que aún no ha podido determinarse con exactitud la edad del complejo fosilífero, pues con seguridad sólo sabemos que es posterior al Triásico y anterior al Terciario inferior, habiendo algunas razones, sin embargo, para pensar que ella corresponde al período cretácico. Si ello fuera así, sería probable que los movimientos orogénicos intercretácicos que originaron al primer levantamiento andino, fueron los que crearon condiciones geográficas adversas para la vida de las Araucarias en la Patagonia central. Porque aún sobreviviendo las Araucarias en otras regiones sudamericanas, jamás pudieron volver a invadir el centro de Patagonia, aun cuando ya hubieran cesado las lluvias de cenizas. Para fijar mejor este concepto, basta con decir que algunas zonas boscosas del mundo, desoladas por la efusión de lavas volcánicas o cubiertas por cenizas volcánicas, en el curso de pocos centenares de años, se han repoblado forestalmente, arraigando los árboles sobre las mismas lavas y cenizas que mataron a sus antecesores, pero en todos estos casos, previamente y posteriormente a la catástrofe vol-

cánica, reinaron condiciones climáticas apropiadas para el crecimiento del bosque.

Las Araucarias del bosque petrificado de Santa Cruz y las que se encuentran fósiles en otras regiones de la tierra, nos indican que en el pasado, el reino de las Araucarias conoció tiempos mejores, llevando a los bosques la belleza de su porte y la majestuosidad de sus ramas que, al decir de Ingenieros, semejan mil brazos implorantes.

Aquí mismo, en nuestro país, los hallazgos de restos fósiles de Araucaria indican que ellas han tenido en el pasado una amplia distribución. La peregrina historia de las Araucarias patagónicas, hoy restringidas a algunos reductos del baluarte andino, fué narrada por Joaquín Frenguelli, en un artículo incomparable, por su belleza, en un número de la *Revista Geográfica Americana* (1935).

Las diferentes especies de Araucarias que viven en la actualidad se encuentran confinadas a dos regiones principales: una Australomalaya y otra Sudamericana. La primera comprende Queensland, Nueva Zelandia, Nueva Guinea y algunos sectores de la Península malaya. La zona sudamericana puede dividirse en dos subzonas. Una que comprende Brasil, desde San Pablo hasta Río Grande Do Sul, penetrando en el extremo NE de nuestro territorio. La segunda subzona sudamericana abarca un trecho de la cordillera argentino-chilena, desde la latitud de Valdivia-Junín de los Andes hacia el norte hasta el paralelo 27°. También se han descripto Araucarias en los Andes bolivianos.

En el pasado geológico, las Araucarias eran, en cambio, casi cosmopolitas, habiéndose encontrado despojos de las mismas en el Mesozoico de Estados Unidos, India, Madagascar, Francia, Nueva Jersey, Inglaterra, etc.

Y como dato de interés general, hay que destacar que entre los restos de la flora fósil descubierta en la Antártida, figura también una especie de *Araucaria*.

Como es sabido, la distribución de las distintas formaciones fitogeográficas está regida por las condiciones climáticas y edafológicas que concurren en un determinado lugar. Por lo tanto, si llegamos a establecer que en una misma localidad, como la del norte de Santa Cruz donde hoy prospera una vegetación arbustiva integrando una estepa semidesértica, y donde creció en tiempos pasados un bosque

de gigantescos árboles, hemos de concluir que las condiciones climáticas allí han variado considerablemente.

Si tenemos en cuenta que los elementos más conspicuos del bosque petrificado consisten en especies de un género muy próximo al de las actuales Araucarias y si recordamos que especies del mismo género crecen hoy en la cordillera argentino-chilena, en lugares donde la precipitación pluvial es considerable, debemos pensar que las condiciones bajo las cuales creció el bosque debieron ser similares y el hecho es que las Araucarias actuales de la cordillera argentino-chilena, entran a nuestro país a través de los profundos valles transversales de la cordillera, por donde penetran, también, las corrientes húmedas que vienen del Pacífico.

La investigación geológica nos enseña que los bosques fósiles de Santa Cruz vivieron en una época en que todavía la Cordillera de los Andes no se había levantado. Por ello es lícito suponer que la ausencia de esta barrera, permitía la llegada al centro de la Patagonia de las corrientes húmedas del Pacífico.

Terminaré esta exposición sugiriendo algunas indicaciones referentes a las medidas que podrían ser tomadas para encausar hacia el bosque petrificado la corriente de turistas, anualmente creciente, que visita la porción austral de nuestro territorio que tantas riquezas encierra y tanta belleza posee.

En primer lugar, tendría que ser mejorada la huella que reúne Jaramillo con el bosque petrificado para que él pueda ser visitado en el día en automotor, sin esfuerzo y con comodidad, desde San Julián, Puerto Deseado o Comodoro Rivadavia.

Los buques que efectúan el servicio de pasajeros en la costa atlántica, suelen detenerse en los puertos patagónicos un par de días para cargar y descargar distintos productos, pudiendo el turista aprovechar el tiempo para visitar el bosque, mediante una erogación poco importante, que con creces quedará compensada por el espectáculo grandioso que se presentará a su vista, en un cuadro un tanto desolador que insensiblemente lleva al espíritu a la meditación. Porque hoy, cuando asistimos al ocaso del reino de las Araucarias, quedan los bosques petrificados de Santa Cruz como testimonio de un pasado biológico arcano, y sus restos, que tantos millones de años han resistido la furia destructora del tiempo, allí están para hacernos reflexionar acerca de cuán breve es nuestro paso sobre esta tierra inestable que habitamos.

LA IMPORTANCIA DECISIVA DE LOS FERROCARRILES EN LAS DOS ULTIMAS GRANDES GUERRAS MUNDIALES. CONSECUENCIAS QUE PARA ELLOS TUVO EL BOMBARDEO AEREO. ENSEÑANZAS

POR EL GENERAL DE DIVISION (R.)

JORGE A. GIOVANELI

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 7 de julio de 1948.

La tarea cumplida por los ferrocarriles alemanes y franceses en la guerra de 1914-18 fué tan extraordinariamente importante que sin ellos esa guerra hubiera cambiado por completo de aspecto, tanto en lo que se refiere a su duración y a la naturaleza de las operaciones que se emprendieron, como al resultado final de la lucha.

El ferrocarril resultó esencial a los aliados para poder combatir simultáneamente en dos frentes: en el oriental o ruso y en el occidental o francés. Esa guerra a la vez contra dos adversarios, situados en direcciones opuestas, exigía emplear, desde el primer momento, el máximo de fuerzas contra Francia, con la intención de atacarla y ponerla rápidamente fuera de combate, para volverse en seguida contra Rusia, frente a la cual se dejó al principio un mínimo de fuerzas. Esta operación tan sólo era posible en el caso de disponerse, como en realidad se dispuso, de ferrocarriles que permitieran el transporte de una masa enorme de hombres, armamentos, equipos, materiales y víveres, de una a otra frontera, dentro de un tiempo muy reducido.

Para Francia y sus aliados, el ferrocarril fué, sin duda, uno de los elementos que más contribuyó a forjar la victoria, toda vez que permitió dosificar convenientemente el frente de batalla, trasladando fuerzas de una parte a otra, a medida que el avance de los ejércitos alemanes descubrió la intención, señalando la verdadera dirección del peligro.

El ferrocarril pudo muy bien compararse a un cordón umbilical a través del cual las naciones pudieron hacer llegar al frente sus principales recursos en hombres, materiales y munición, transmitiendo con ellos a las batallas una violencia y duración insospechadas, al extremo de que, después de la primera batalla del Marne, la guerra no fué en realidad más que una inmensa batalla, desde el mar a Suiza, que terminó cuatro años más tarde, con el armisticio del 11 de noviembre de 1918.

En cambio, la pobreza de su red ferroviaria en la región oriental impidió a Rusia desplegar contra Alemania, desde el comienzo, su enorme potencial militar. Fué una evidente causa de inferioridad de los rusos, que en la actualidad se procura remediar, mediante créditos que los planes quinquenales acuerdan para el mejoramiento de los ferrocarriles y caminos.

Veamos algunos antecedentes que nos permitirán apreciar mejor la obra de los ferrocarriles, en la guerra de 1914-18:

Decretada la movilización el 1 de agosto de 1914, entre los días 2 y 19 de ese mes, vale decir, *en* 17 *días*, desde el interior de Alemania corrieron hacia las fronteras Oeste, Este y Norte del Imperio, 11.000 trenes de concentración, que condujeron 3.120.000 hombres, 860.000 caballos, armamentos, materiales, equipos y víveres.

Independientemente de esos transportes, en los primeros seis días corrieron en Alemania 20.800 trenes de movilización.

Francia pudo terminar con lo más importante de su movilización en 3 días, empleando para ello más de 10.000 trenes y concentrar en 13 días 5 ejércitos, con un total de 1.200.000 hombres, 400.000 caballos y 80.000 vehículos, haciendo correr con ese fin más de 4.000 trenes.

Nada más que para el abastecimiento de esos ejércitos, cuyo efectivo llegó a 2.500.000 de hombres, en los años 1915 y 1916 corrieron en Francia 65.000 y 84.500 trenes, o sea, a razón de 180 y 231 trenes diarios, respectivamente.

Si a esto se suman los trenes que venían del frente hacia el interior con heridos y enfermos, materiales a reparar, etc., los trenes que se necesitaron para los ejércitos aliados americano e inglés, así como para la vida de la población y para las industrias de guerra, fácil será formarse un cuadro real sobre la importancia fundamental de la misión que en esas circunstancias cumplían los ferrocarriles franceses. Lo mismo podría decirse con respecto a los ferrocarriles alemanes.

Alemania operaba con varios ejércitos. Un ejemplo nos servirá para apreciar lo que tan sólo uno de esos ejércitos significaba, desde el punto de vista de los ferrocarriles:

Durante la batalla defensiva sobre el Aisne, y en la Champagne, el abastecimiento en víveres, municiones, equipos y materiales del IV Ejército Alemán, que comprendía un total de 800.000 hombres y 200.000 caballos, requirió, desde el 15 de junio al 15 de noviembre de 1917 (5 meses), cerca de 7.200 trenes, con un total de 242.185 vagones. Por separado, para ese mismo ejército se necesitaron otros 6.591 trenes completos para el transporte de divisiones frescas y otras tropas de reemplazo, materiales de artillería y de zapadores. En total, para uno solo de los 8 ejércitos alemanes, cerca de 14.000 trenes, muchos de los cuales debieron atravesar zonas batidas por el fuego de la artillería lejana y por la aviación francesa.

Un ejemplo que nos habla de la importancia del ferrocarril como elemento de maniobra operativa: Durante la ofensiva alemana de 1918, cuando el frente británico fué quebrado en la zona de St. Quintin, las reservas francesas fueron transportadas en 10 días, desde el Oise al Somme, por 1.376 trenes, sin contar los de abastecimientos.

Como es bien sabido, fué enorme el consumo de munición por la artillería en 1914-18, superando todas las previsiones del tiempo de paz. Los ferrocarriles contribuyeron poderosamente a salvar esa situación.

En un solo día, durante la batalla del Somme en julio de 1916, el 6° Ejército Francés, con un total de 1.089 piezas de artillería, consumió 8.000 toneladas de proyectiles, equivalentes a la carga de 27 trenes, de 30 vagones cada uno.

Y piénses que en 1917, en la batalla de Flandes, la artillería empleada fué 2 ó 3 veces superior a la de 1916 y los consumos de munición 6 a 7 veces superiores a los de la batalla del Somme.

Ahora, algunos datos sobre el tonelaje transportado por los ferrocarriles durante la guerra para las necesidades de la industria, de la economía y para la vida de la población. En 1913, 1915 y 1916 los ferrocarriles alemanes transportaron 500,5, 367,6 y 415,63 millones de toneladas de carbón, así como otra extraordinaria cantidad de toneladas de minerales, cereales, harinas, papas, etc. Algo análogo ocurrió en Francia.

Un hábil aprovechamiento de los ferrocarriles facilitó en grado sumo las operaciones de Hindemburg en la Prusia Oriental, que

culminaron en la célebre batalla de Tannemberg, en los Lagos Masurianos, donde, con inferioridad numérica, obtuvo un triunfo decisvo sobre los rusos.

Y bien: ¿Cómo fué posible que alemanes y franceses obtuviesen un resultado tan decisivamente importante con sus ferrocarriles?

A raíz de la experiencia adquirida en la guerra de 1870, ambos adversarios supieron comprender muy bien que una guerra futura sería, fundamentalmente, *una guerra con ferrocarriles*.

No dejaron que estas ideas quedaran en teoría, sino que las llevaron a la práctica, convencidos, como estaban, que el perfeccionamiento de los ferrocarriles implicaría una de las medidas más importantes de la Defensa Nacional. El potencial de guerra de la nación perdería su valor si él no era desplegado y empleado rápidamente auxiliado por los ferrocarriles, que se habían revelado como el medio más importante para el transporte de grandes cargas a grandes distancias. La guerra futura sería no tan sólo una cuestión de hombres y cañones, sino también de ferrocarriles.

De acuerdo a este concepto o doctrina, desde 1880 alemanes y franceses se dedicaron a perfeccionar y completar la red ferroviaria del Estado, en el sentido que indicaban las necesidades estratégicas, las que, dentro de lo posible, se procuró armonizar con las necesidades económicas e industriales de la nación. La existencia de numerosos centros importantes de población e industriales en el interior del país, así como en las zonas próximas a las fronteras, facilitó esa política ferroviaria. A donde ello no fué posible el Estado tomó directamente a su cargo la construcción de líneas estratégicas.

Y así ocurrió que la guerra de 1914-18 encontró a ambos adversarios disponiendo de una red de ferrocarriles que, por su orientación general con respecto a las diferentes fronteras del país; por el entrecruzamiento de las líneas principales mediante otras que terminaban por dar a la red la forma de una verdadera telaraña; por la cantidad y calidad de las vías, dobles en su mayoría; por las obras de arte, material de tracción y rodante, organización del tráfico, cantidad y calidad de las tropas de ferrocarrileros, así como por la capacidad profesional del personal civil de los ferrocarriles, superior y subalterno, estaba en condiciones de servir, con un alto grado de eficiencia, a las necesidades de la movilización, concentración y abastecimiento de los ejércitos en campaña, de la industria y de la población, vale decir, de la nación entera.

En 1880 todos los ferrocarriles alemanes pasaron a depender directamente del Estado que, bajo la influencia del Estado Mayor General, acordó grandes créditos para la construcción de nuevas líneas y mejoramiento de otras existentes, de un alto valor estratégico.

El hecho de que los ferrocarriles franceses no estuviesen todavía nacionalizados no impidió que ellos exhibieran un alto grado de preparación, al iniciarse la guerra de 1914-18. Ello se debió, en primer término, al excelente espíritu e inteligencia con que el personal de las empresas cooperó con el Estado Mayor General Francés, en el período de paz que precedió a la guerra.

La *destrucción de los ferrocarriles* tuvo en 1914-18 una importancia muy relativa, si es que se la compara con la que se realizaría 20 años después, en la guerra de 1939-45. La aviación reveló poseer por entonces un poder de bombardeo muy reducido. Las principales destrucciones fueron ejecutadas por las mismas tropas. Los daños pudieron ser reparados con cierta facilidad, por medio de unidades de ferrocarrileros organizadas y sólidamente instruídas en tiempo de paz y que en el transcurso de la guerra fueron completadas con gran cantidad de obreros especializados y personal de trabajo. Se emplearon métodos ingeniosos, mucho material de puente prefabricado y otro de circunstancias.

En pocas palabras: en 1914-18 las destrucciones no crearon a los Comandos Superiores dificultades insalvables. De una manera general, puede decirse que se las pudo remediar dentro de plazos prudenciales, para las necesidades de las operaciones militares. Como una excepción a esto conviene recordar la destrucción sistemática y en vasta escala de los ferrocarriles franceses por los alemanes, durante su retirada, casi al finalizar la guerra.

En 1918 Francia tenía empleados en sus ferrocarriles 402.808 hombres, sin contar con 350.000 auxiliares. Al comienzo de la guerra, pero especialmente en el invierno de 1915-16, muchos trenes debieron ser suprimidos por falta de maquinistas y personal especializado, que por error había sido incorporado a las fuerzas combatientes.

Por su parte, Alemania empleó en sus ferrocarriles cerca de medio millón de hombres.

Estos datos nos demuestran con cuánto cuidado debe realizarse la movilización del personal ferroviario.

En 1914 Francia disponía de 12.361 locomotoras y 353.343 vagones, cantidades que en 1918 habían sido elevadas a 15.642 loco-

motoras y 457.426 vagones. Mucho material cayó en poder del enemigo. No obstante tratarse de un material muy usado, pudo soportar las duras exigencias de la guerra, gracias a una buena organización de las reparaciones.

La trocha de los ferrocarriles normales de Alemania es la misma de los ferrocarriles belgas y franceses (1 m 435), como así también de la mayor parte de los ferrocarriles europeos, con excepción de los rusos (1 m 524).

Esta circunstancia facilitó considerablemente las operaciones de los ejércitos alemanes a través de Bélgica y de Francia, simplificando el abastecimiento, que se pudo realizar directamente desde el interior de Alemania, por ferrocarril. A su vez, los alemanes pudieron de inmediato aprovechar una cantidad muy elevada de máquinas y vagones tomados a los belgas y franceses.

Mientras que la industria alemana estuvo en condiciones de proveer todo el material ferroviario que se necesitó, mucho material francés había sido adquirido en el extranjero, inclusive en la misma Alemania. En el transcurso de la guerra ingleses y norteamericanos trajeron a Francia material rodante y de tracción, lo que en algo contribuyó a aliviar el considerable recargo que los ferrocarriles franceses debieron soportar por las necesidades de las fuerzas aliadas.

Alemania se preocupó en tiempo de paz por organizar una gran reserva de máquinas y vagones; en 1913, poco antes de la guerra, ella disponía en total de 20.520 locomotoras, 65.180 coches de pasajeros y 689.190 vagones de carga, para atender los servicios de una red de 61.404 kilómetros, de trocha normal. En el transcurso de la guerra facilitó a sus aliados 5.500 locomotoras y 180.000 vagones.

Con el objeto de aumentar la cantidad de trenes Alemania mejoró constantemente las condiciones de sus líneas (vías; cantidad y resistencia de las obras de arte, puentes sobre los ríos, etc.), como también la organización del tráfico y la potencia de sus máquinas.

Esto permitió fijar como base para el cálculo de los planes de transportes militares, un intervalo de 20 minutos entre tren y tren, en vías dobles; una velocidad uniforme de 30 Km por hora; trenes de 110 ejes y 600 toneladas, para sectores rectos y llanos.

Para tener una idea sobre la aptitud y condiciones de las tropas de ferrocarrileros francesas y alemanas para los trabajos de reconstrucción de obras destruídas, citaremos los datos siguientes: El puente ferroviario de Namur, sobre el Mosa (Bélgica), de 130

metros de largo, de hierro y mampostería: pudo ser totalmente reconstruído y librado al tráfico en 26 días, por las unidades de ferrocarrileros alemanas. La industria alemana cooperó realizando toda la construcción de hierro en Alemania, para transportar luego el puente, por partes, al lugar mismo de la destrucción, donde fué armado.

El puente sobre el Dubissa, en el frente oriental, que fué reconstruído en pocas semanas, también por los ferrocarrileros alemanes, empleándose para ello materiales de circunstancias, tenía 50 metros de largo y 25 de alto.

El puente sobre el Niemen, de 507 metros de largo y 35 de alto, reconstruído en base al sistema de puente prefabricado sistema Lübek, alemán.

La brillante obra realizada por los ferrocarrileros franceses puede resumirse en los términos siguientes: en los 4 años que duró la guerra los 20.000 hombres de esas unidades especiales colocaron 9.000 kilómetros de vías, reconstruyeron una enorme cantidad de puentes y obras de arte destruídas, removieron 28 millones de metros cúbicos de tierra y transportaron 10 millones de durmientes.

Tanto las tropas de ferrocarrileros alemanas como francesas habían adquirido una gran habilidad y rapidez para construir y explotar los llamados « Ferrocarriles de Campaña », de 0 m 60 de trocha, tipo Decauville, en aquellos sectores del frente en que las líneas permanentes estaban destruídas, como también en aquellos otros que no las tenían. Como un medio de circunstancias los ferrocarriles de campaña dieron excelente resultado, permitiendo hacer llegar diariamente a las tropas un apreciable tonelaje de víveres y municiones.

También se utilizaron los denominados « Ferrocarriles Económicos », de 0 m 60 hasta 1 metro de trocha, utilizados en tiempo de paz para explotaciones mineras u otros fines. Dichos ferrocarriles son análogos a los que existen en la provincia de Buenos Aires para el transporte de las cosechas, hasta las líneas férreas principales.

La idea central fué siempre la de llevar al ferrocarril lo más adelante posible, « pisándole los talones a las tropas ». A partir del punto o estación terminal, los abastecimientos eran transportados por columnas de camiones, de las que, después, pasaban a columnas de carros que los conducían a las tropas. En esta forma, ferrocarril, columnas de camiones y de carros formaban una especie de cadena sin fin, desde el interior del propio país hasta el frente de combate.

En la región de montaña, sin caminos, el camión o carro era reemplazado por la mula o caballo carguero y por transportadores aéreos o cables carriles, modelo Bussang o Valtín, que dieron excelentes resultados.

En fin, para completar y descongestionar al ferrocarril que, como hemos dicho, fué el medio principal de transportes, en 1914-18 se recurrió a todos los demás medios de transporte terrestre y por agua existentes en la época. Por entonces no se podía hablar de transportes aéreos.

El transporte automotor o en camiones fué, sin duda alguna, el más importante después del ferroviario, pero tratándose de ejércitos que sumaban millones de hombres ellos demostraron no tener una capacidad suficiente, ni estar en condiciones técnicas ni orgánicas para reemplazar al ferrocarril, de una manera permanente.

La ventaja más importante de las columnas de camiones consistió en permitir a los ejércitos alejarse mucho más del punto terminal o estación de descarga del ferrocarril, que en los tiempos en que los carros tirados por animales constituían el único elemento de unión entre el ferrocarril y las tropas. Según la clase y el estado de los caminos, un ejército servido por columnas de camiones podía separarse hasta 120 y aún más kilómetros del ferrocarril, con lo cual ganaba una gran libertad en sus movimientos.

En 1914-18 las posibilidades de la tracción mecánica para el transporte de grandes unidades, con todo su personal, material, armamento y ganado eran tan reducidas que prácticamente no se lo realizó. Por esa época se calculaba que para el transporte de una división de infantería, dotada solamente de artillería liviana y algún ganado, se hubieran necesitado de 1.200 a 1.500 camiones. Recuérdese que en el histórico movimiento de taxis, en la batalla del Marne, en setiembre de 1914, 1.200 taxis de París consiguieron transportar, en 36 horas, 4.985 soldados a 50 kilómetros de distancia.

Se había luchado con tanques, pero todavía no se hablaba de esas famosas divisiones blindadas con que Alemania realizó su blietzkrieg o guerra relámpago, en la primera parte de la segunda gran guerra mundial

* * *

Dada la trascendental importancia que en la guerra de 1914-18 el ferrocarril había demostrado poseer, era lógico suponer que en otra gran guerra futura se procuraría:

1° — Seguir empleándoselo como el medio más importante para el transporte de grandes tonelajes en hombres, materiales y abastecimientos, a grandes distancias. Si era posible, el sistema ferroviario sería aún perfeccionado, en el sentido que indicasen las autoridades militares.

Por su parte, era tan grande y visible el progreso de los transportes motorizados en los 20 años que mediaron entre una y otra guerra, que habían aumentado considerablemente sus posibilidaes para sustituir temporalmente al ferrocarril, en caso de ser este último destruído, o bien, para completarlo, con el fin de hacer más amplios y elásticos los movimientos de los ejércitos. Por lo tanto, a la organización de los transportes motorizados se le concedería una importancia mucho mayor que en 1914-18.

2° — Recurrir a la aviación, que por su parte también había realizado considerables progresos en todos los órdenes para, una vez conquistada la superioridad en el aire sobre el adversario, bombardear los ferrocarriles, destruyendo sus materiales e instalaciones más importantes, con el fin de paralizar el movimiento y toda acción coordinada de las fuerzas, privarlas de sus abastecimientos, desarticular todos los planes de operaciones, reducir la producción de guerra y hacer sentir, junto con el hambre, la más completa depresión moral en la población.

3° — Recurrir, mucho más que en la guerra de 1914-18, a todos los demás medios de transportes terrestres, como también a los aéreos, que ofrecían muy buenas perspectivas para auxiliar a los ferrocarriles, reemplazarlos donde no los hubiere y, en el caso de transportes aéreos, para realizar operaciones sorpresivas a espaldas del enemigo.

En síntesis, eso fué lo que, precisamente, ocurrió en la última gran guerra, de 1939-45.

Sería formarse una idea muy superficial sobre las causas de los triunfos sorpresivos y fulminantes que Alemania obtuvo en los primeros años de esta última guerra, si se creyera que ellos se debieron, únicamente, a esa formidable masa blindada y motorizada que, estrechamente combinada con una importante masa aérea, pudo arrollar cuanta resistencia encontró a su paso. Es esencial no olvidar la parte que en ese triunfo también les correspondió a los ferrocarriles y transportes motorizados, que Alemania debió emplear para concentrar primero y luego abastecer constantemente a esa masa, en el transcurso de las diferentes campañas. Igualmente,

para brindarle al Comando Supremo la oportunidad de adoptar nuevos procedimientos o formas de lucha que, en realidad, implicaron una verdadera revolución en la estrategia.

Tanto es así, que en el debilitamiento del esfuerzo militar alemán, en los últimos años de la guerra, influyó considerablemente la reducción de sus transportes ferroviarios y motorizados, pero principalmente de los primeros, a causa del efecto, cada vez más destructor, del bombardeo aéreo aliado.

Con un dominio completo en el aire sobre sus adversarios, Alemania pudo, en los primeros años, emplear sus ferrocarriles y transportes motorizados, con absoluta libertad y pleno rendimiento.

Para que pueda apreciarse la importancia vital que el transporte ferroviario desde la retaguardia podría tener para una máquina guerrera tan potente pero, a la vez, tan extremadamente delicada como lo era la masa aero-mecanizada alemana, conviene tener presente que el consumo medio de una sola de las muchas divisiones blindadas que la integraban, oscilaba en 74 toneladas de nafta, lubricantes y otros combustibles y en 31 toneladas de alimentos.

Por su parte, los consumos de la aviación exigían el transporte constante de grandes tonelajes de combustible, lo que, sumado al transporte exigido por las fuerzas terrestres, nos permite imaginar el movimiento de ferrocarriles y camiones que habrá existido en la retaguardia de los ejércitos alemanes, empeñados en la lucha.

En la campaña contra Rusia, en 1941, los alemanes emplearon una masa de 4 millones de hombres, en gran parte blindada, con una considerable cantidad de tanques y 3 flotas aéreas, con 3.200 aviones, en total. Es de suponer el movimiento de transportes que el abastecimiento de esta masa habrá originado.

Sin mayor inconveniente, Francia pudo utilizar sus ferrocarriles para la movilización y concentración en la frontera Norte.

De Inglaterra se sabe que, no obstante los daños causados por la aviación alemana (que concluyó por ser completamente derrotada por los Hurricane y Spittfire en aquel memorable período comprendido entre el 8 de agosto y el 31 de diciembre de 1940, en el que los alemanes perdieron 2.375 aviones), desde que la guerra empezó, hasta principios de 1943, se formaron y corrieron 16.000 trenes especiales, además de cientos de miles de trenes de servicio general.

Se calcula que sobre los ferrocarriles recayeron las tres cuartas partes del inmenso transporte que durante la guerra se realizó en los EE. UU. de América.

El enorme poder de destrucción que la aviación moderna tiene sobre los ferrocarriles, así como sus gravísimas consecuencias, quedaron bien de manifiesto principalmente en el ataque que las fuerzas aéreas alemanas llevaron sobre Polonia, poco antes de la invasión, en setiembre de 1939; en los ataques que la 12ª Fuerza Aérea de los EE. UU. ejecutó, en 1944, contra las comunicaciones de los ejércitos alemanes que ocupaban Italia y el Sud de Francia; en el bombardeo aéreo de Alemania, por la aviación inglesa y norteamericana, en los meses de febrero a mayo de 1944, año de la invasión, y muy especialmente en los días memorables del 20 al 25 de febrero, cuando ese bombardeo se concentró en el sistema ferroviario alemán; finalmente, en el bombardeo de los ferrocarriles franceses por la aviación de los EE. UU., en los días que precedieron a los desembarques en la Normandía.

En muy pocas horas la aviación alemana (más o menos 2.000 aparatos) destruyó a la aviación y principales líneas férreas de Polonia, creando al Comando Supremo de esta nación una situación angustiosa.

En menos de 3 semanas el ejército polaco, sorprendido cuando aún ejecutaba sus transportes de concentración, fué destruído; inmensos territorios fueron conquistados.

Una gran parte del combustible para las fuerzas aéreas y mecanizadas que operaron contra Polonia fué transportado por la aviación alemana.

De mayo a octubre de 1944, es decir, en 6 meses, la 12ª Fuerza Aérea de los EE. UU., operando contra las comunicaciones de los alemanes, en Italia y Sud de Francia, destruyó 788 locomotoras, 9.083 vagones, una enorme extensión de vías, estaciones e instalaciones ferroviarias, más de 1.000 puentes y 12.190 vehículos motorizados.

En las operaciones que el General Arnold, Comandante General de las Fuerzas Aéreas de los EE. UU., denomina « de Estrangulación », en Italia, en el término de 4 semanas fueron lanzadas 75.495 toneladas de bombas sobre las comunicaciones alemanas. A causa de la inmensa destrucción, tanto de material ferroviario como motorizado que el bombardeo produjo, se calcula que el abastecimiento diario para las necesidades de las fuerzas alemanas se redujo

de 80.000 a 4.000 toneladas. Esta situación influyó poderosamente para precipitar la retirada de los alemanes del territorio italiano.

Después de varios años de una terrible lucha en el aire, durante la cual se perdió una considerable cantidad de aparatos, que sólo naciones con la capacidad industrial de los EE. UU., Inglaterra y Alemania estaban en condiciones de reponer, el dominio aéreo pasó definitivamente a manos de los aliados. A partir de ese momento el potencial de guerra alemán experimentó una caída vertiginosa por los continuos y cada vez más potentes bombardeos de la aviación inglesa, que los efectuaba preferentemente de noche, abarcando zonas determinadas, y por la aviación de los EE. UU., que los ejecutaba de día, sobre objetivos determinados con especial cuidado.

Esa disminución del potencial de guerra alemán se debió no sólo a la destrucción de fábricas, usinas y grandes depósitos, sino también a la de los ferrocarriles, pues además de dispersar los establecimientos industriales por todo el territorio, los alemanes, con el afán de aumentar la producción habían adoptado el sistema de subdividir una misma fabricación en una gran cantidad de establecimientos, cada uno de los cuales se encargaba de fabricar una pieza o parte determinada, que luego enviaba a establecimientos especiales, encargados de la reunión y montaje definitivo. Este fué el procedimiento que sobre todo utilizó la industria de la aeronáutica, obteniendo una cifra considerable en la producción mensual de aviones.

Después de aquel famoso bombardeo de Alemania del 22 de febrero de 1945, efectuado por más de 10.000 aviones con bases en Inglaterra, Francia, Holanda, Bélgica e Italia, en pocas horas el tráfico ferroviario alemán quedó casi instantáneamente reducido en un 90 %. Enorme cantidad de vías, cambios, placas móviles, estaciones, ramales, material de tracción y rodante quedó reducido a escombros. Esa falta de oxígeno para la vida de la nación alemana significaría el comienzo de su agonía.

En la clasificación de los objetivos que hizo la aviación aliada para fijar un orden de urgencia a los objetivos a bombardear, se denominó « puntos de ahogo o de asfixia », a los grandes centros ferroviarios.

Con ese concepto el gran centro ferroviario de Essen fué atacado el 21 de marzo de 1945 por 1.079 bombarderos pesados que lanzaron sobre él 5.000 toneladas de bombas. Al día siguiente, 1.108 aparatos

lanzaron 5.487 toneladas de bombas sobre el importantísimo centro ferroviario de Dortmund.

Y en esta forma se llega a la etapa f'nal: la invasión de Alemania por las fuerzas angloamericanas, después de cruzar el Canal de la Mancha, de desembarcar en la Normandía, en junio de 1944, y de atravesar, luchando, el territorio francés, en la operación combinada más grande que registra la historia.

La importancia vital que para los alemanes tendría el empleo de los ferrocarriles y transportes motorizados, con el fin de trasladar a la costa francesa fuerzas, armamentos y materiales importantes para oponerse al desembarque, fué apreciada con todo acierto por el Comando Supremo de los Aliados, que por ello dispuso la destrucción anticipada, metódica e intensa de las vías de comunicación.

Tan acertada fué esta resolución que, a pesar de las grandes destrucciones que se realizaron las fuerzas invasoras debieron pasar por momentos críticos, librando combates muy difíciles. Fácil resulta imaginar los inconvenientes y el resultado de la lucha, en el caso de que los alemanes hubieran podido disponer con libertad de los ferrocarriles para el transporte de sus tropas, no sólo de las situadas en Francia, sino también en otras partes de Europa, cuyas líneas férreas tenían la misma trocha de las líneas francesas.

En síntesis, se trataba de una verdadera carrera a la costa francesa: los aliados para desembarcar y luego invadir; los alemanes, ante todo, para rechazar a los aliados durante el desembarco mismo, que, sin duda, sería el momento más crítico de la operación y, de no ser ello posible, para impedir el ulterior progreso del invasor.

En un estudio muy interesante publicado en la « Révue de Défense Nationale », el General francés Bergés, basado en estadísticas del Departamento Científico del Ejército de su patria, ha proporcionado una información muy interesante sobre la importancia que los aliados dieron a los ataques aéreos contra los ferrocarriles, con relación a los demás bombardeos efectuados.

En mayo de 1944, pocos días antes de la invasión, sobre 1.284 bombardeos aéreos aliados en territorio francés, 404 fueron ejecutados contra las estaciones de ferrocarril; en la zona de la Mancha el 41 % de los ataques tuvieron como objetivo las instalaciones ferroviarias. En junio, mes de la invasión, sobre 2.307 bombardeos, 782 fueron contra las estaciones. En julio, 347 sobre 1.195. En agosto, 349 sobre 1.121. Por lo tanto, en este período de 4 meses, comprendido entre el desembarque y toda la batalla de Normandía,

del 30 al 40 % de los ataques aéreos fué ejecutado sobre objetivos ferroviarios.

La sola estación de Tergnier fué atacada el 14 de abril por 700 bombarderos que le arrojaron 6.000 bombas; cuatro dias después, el 18 de abril, nuevo ataque a la misma estación por 600 bombarderos, que le arrojaron otras 6.000 bombas, y el 1° de junio un nuevo ataque de bombarderos, que dejaron caer 4.000 bombas.

« Este encarnizamiento — dice el General Bergés, — esta prodigalidad de medios poderosos, aplicados contra el ferrocarril durante meses, de día y de noche, traducían de una manera evidente la convicción del Comando Aliado, de que la destrucción de las comunicaciones férreas enemigas era una condición esencial para el éxito del desembarco en Francia.... ».

El resultado final de estos ataques aéreos contra los ferrocarriles franceses fué el siguiente: 3.200 obras de arte demolidas; 4.900 kilómetros de vías férreas destruídas; otros 980 kilómetros de vías férreas auxiliares cortadas; 15 grandes playas de organización de trenes inutilizadas; el material de máquinas y vagones reducido a la mitad, sin contar con la destrucción de numerosos establecimientos de reparación y conservación, la pérdida de aprovisionamiento y la dispersión de una gran parte del personal ferroviario.

Respecto al poder de las bombas aéreas es útil recordar que durante el bombardeo del gran centro industrial de Dusseldorf, en el que las Reales Fuerzas Aéreas Inglesas, en un solo ataque, arrojaron 100.000 bombas incendiarias y otras de gran carga explosiva, se cita el caso de una de 3.600 kilogramos que cayó en la estación del ferrocarril, en el momento en que entraba en agujas un tren lleno de industriales alemanes que, sin duda, irían a la ciudad por asuntos relativos a la guerra. La mitad de la estación quedó reducida a polvo y del 50 % de los pasajeros no se volvió a tener noticias.

A los ataques aéreos se sumó, con gran eficacia, la acción de las fuerzas de resistencia de Francia; sabotajes inteligentemente organizados; golpes de mano de los maquis y guerrilleros, que efectuaban nuevas cortaduras de líneas, provocaban descarrilamientos, embotellamiento de las comunicaciones ferroviarias, etc., todo según un plan general establecido por el Comando Francés en Londres y aprobado por el Comando Supremo Aliado.

Dándose cuenta, desde el comienzo, de las consecuencias que para ellos tendría la privación de los ferrocarriles, los alemanes

enviaron a Francia 50.000 hombres especializados, con el fin de conservarlos, a todo precio. A pesar de ello, muy poco o nada fué lo que ese personal pudo hacer para impedir la completa paralización de los transportes.

La consecuencia final de esta destrucción sistemática e intensa de las líneas férreas francesas fué el considerable retardo y completa desorganización con que los refuerzos alemanes llegaron a la región de la Normandía, facilitando con ello considerablemente la operación aliada.

Pero la destrucción de los ferrocarriles franceses se iba pronto a revelar como un arma de dos filos para las propias fuerzas anglo-americanas, tan pronto ellas, después de ponér pie en Europa y de abandonar la Normandía, debieran proseguir sus operaciones avanzando hacia el Rin, para invadir Alemania.

El inmenso tonelaje a transportar para el abastecimiento de los ejércitos aliados, que incluían una elevada cantidad de divisiones blindadas y motorizadas, así como con una aviación colosal, plantearía, como en efecto planteó, un gravísimo problema de transportes. Desde luego que problema de tal magnitud no pudo pasar desapercibido para el Comando Supremo de las Fuerzas, que con anticipación había previsto las medidas y medios para resolverlo.

Es frecuente y muy natural que cuando oigamos hablar de batallas, de guerra y de triunfos, nuestra atención se concentre, casi por completo, en los que están adelante, en contacto directo con el fuego, y que muy poco pensemos en el esfuerzo que desde el propio país y a través de grandes distancias se debió realizar para alimentar y proveer a los combatientes de todo lo que ellos necesitaron para obtener el éxito. Esto hace que, con frecuencia, se tenga una idea muy incompleta sobre la realidad de la guerra.

Iniciada la operación el 6 de julio de 1944, día del desembarque, hasta el día 7 de mayo de 1945, en que se rindió Alemania, los EE. UU. emplearon en Europa 3.065.505 hombres, cuyos abastecimientos en materiales, armamentos, munición, víveres, combustibles y lubricantes, repuestos para automotores, etc., etc., implicaron el transporte de 48 *millones de toneladas*, en su casi totalidad traídas por mar desde los EE. UU., a través de más de 5.000 millas y que después de desembarcadas en los puertos franceses debieron ser llevadas hasta las tropas por medio del ferrocarril y del camión. Además, hubo que atender a numerosos heridos y enfermos.

Mientras las fuerzas permanecieron próximas a la costa francesa

y aún mismo en los primeros momentos de su avance, el abastecimiento se realizó casi totalmente por medio de columnas de camiones, pero tan pronto los ejércitos se alejaron de la costa para aproximarse al Rin, y con mayor razón cuando lo cruzaron para dirigirse al corazón de Alemania, se reconoció la imperiosa necesidad de que los ferrocarriles tomasen a su cargo el transporte del mayor tonelaje, porque ya no era posible realizarlo por el medio automotor. Ello planteó una cuestión previa y fundamental: *la reconstrucción de esos mismos ferrocarriles franceses que, muy poco tiempo antes, la aviación aliada había destruído.* Como se ha dicho, esta cuestión figuraba entre las previsiones del Comando Supremo Aliado.

Fué así que en los primeros días de junio de 1944, a poco de iniciada la invasión, llegaron a Francia las primeras tropas de ferrocarrileros norteamericanos. A ellas siguieron pronto otras, así como una gran cantidad de equipos y materiales especializados. De los EE. UU. fueron llevados a Inglaterra 1.000 máquinas y 20.000 vagones. A fines del mes de julio ya habían sido construídas 333 líneas férreas. El 14 de agosto, cuando el frente americano llegó a Mayenne, el General Patton apreció que si conseguía que se le hiciese llegar 30 trenes con munición y petróleo, en 14 días podría tomar a París. Y así ocurrió. Para ello 5 regimientos de ferrocarrileros trabajaron intensamente, dándose el caso de cuadrillas enteras que estuvieron 5 días sin dormir.

Hubo que luchar con dificultades enormes, de todo orden: carbón, agua, diferencias entre los materiales americano y francés, etc., etc., pero ellas pudieron ser vencidas por las unidades de ferrocarrileros, con un gran espíritu de trabajo.

Para fines de agosto ya se habían construído 1.350 kilómetros de vías férreas. El personal ferroviario francés cooperó estrechamente con los norteamericanos en el restablecimiento de los ferrocarriles.

Después de 10 días de trabajo se construyó el primer puente sobre el Rin, en Wesel, de 777 metros de longitud, que permitió abrir la primera ruta ferroviaria hacia Berlín. En él trabajaron 3.000 zapadores. La importancia de este puente queda demostrada por el hecho de que, terminada su construcción, esperaban la señal para cruzar el Rin 1.000 vagones cargados con abastecimientos, para los ejércitos aliados que operaban en la otra margen.

En total, se construyeron 62 puentes sobre el Rin, de los cuales 5 ferroviarios (el Wesel, de 777 metros; Duisburg, de 850; Manheim-Ludwishafen, de 310; Mainz, de 670, y Karlsruhe, de 260).

En esa forma, venciendo inconvenientes múltiples y de todo orden, el ferrocarril pudo ser reconstruído con apreciable rapidez y tomar a su cargo el transporte que inicialmente y a causa de su destrucción debió recaer, casi por completo, en las columnas de camiones.

El cuadro siguiente, que figura en el estudio del General Bergés, ya mencionado, especifica el tonelaje total transportado respectivamente por ferrocarriles y camiones, desde el día del desembarque en Normandía, hasta el día de la capitulación de Alemania:

		F. C.	T. M.
Del 6 de junio al 25 de agosto de 1944	tt.	80.480	1.714.611
» 26 » agosto al 15 de octubre de 1944	»	828.337	330.394
» 16 » octubre de 1944 al 24 de marzo de 1945.	»	13.032.102	12.167.506
» 25 » marzo al 8 de mayo de 1945	»	4.545.574	629.296

Este cuadro permite apreciar cómo en los tres primeros meses de la invasión aliada el transporte de un elevado tonelaje estuvo, casi exclusivamente, a cargo de las columnas de camiones y cómo esa superioridad fué pasando al ferrocarril, a medida que este último pudo ser reconstruído y recuperar su rendimiento que, asimismo, no alcanzó a ser todavía el de tiempos normales.

Hasta hace poco tiempo se continuaba trabajando en Francia para recuperarlo.

Pero para hacer resaltar la superoridad del ferrocarril sobre el camión, cuando ya se trató del transporte de grandes cargas a grandes distancias, el General Bergés publica el siguiente segundo cuadro, en el que están considerados, únicamente, aquellos transportes que se efectuaron desde los puertos y playas de la Normandía hasta la región comprendida entre el Sena y el Rin, durante el período comprendido entre octubre de 1944 y marzo de 1945.

			F. C.	T. M.
1944	octubre	tt.	537.570	74.621
	noviembre	»	713.460	74.406
	diciembre	»	756.086	86.991
1945	enero	»	837.728	63.887
	febrero	»	1.128.809	89.339
	marzo	»	1.069.578	62.321
		tt.	4.943.230	451.565

Hubo servicios motorizados, como los denominados « Expresos » por los norteamericanos, que por la magnitud de su organización,

los detalles del tránsito, la extensión de su recorrido y la cantidad de vehículos empleados, pudieron ser considerados como grandes empresas, que tomaban a su cargo un servicio determinado. Pero tales expresos dejaron de funcionar tan pronto los ferrocarriles estuvieron en condiciones de tomar a su cargo el transporte del mayor tonelaje.

Así, por ejemplo, citaremos al llamado « Expreso Bala Roja », que comenzó a funcionar el 25 de agosto, desde St. Lo hasta Chartres, pero que después extendió su recorrido hasta cubrir una distancia de 1.200 kilómetros, constituyendo en esa forma la línea de transporte más larga del mundo. Funcionó durante 81 días, hasta el 16 de noviembre de 1944, transportando 410.000 toneladas a distintos lugares del frente. Al principio se emplearon para este servicio 5.400 vehículos, pero luego, a medida que el recorrido se extendió, aquella cantidad se aumentó considerablemente. Para facilitar la circulación se establecieron más de 25.000 señales a lo largo de la ruta. Los caminos y puentes tuvieron que ser especialmente construídos por las fuerzas de ingenieros, las que, además, debieron trabajar con el objeto de mantenerlos en condiciones de uso. Para la seguridad del tránsito fué necesario ocupar Batallones de Policía Militar, 1 Regimiento de Infantería y un gran número de policías franceses. La organización de talleres de reparación, depósitos de combustibles, repuestos, etc., fué muy amplia y compleja.

Otros « Expresos » fueron el « Diamante Verde », el « Expreso de Lions », el « Bala Blanca » y el « A. B. C. ».

Para organizar estos servicios se debió llevar, desde los EE. UU., una gran cantidad de personal especializado en cada una de las diferentes ramas del transporte motorizado. Las tropas de ingenieros que en una u otra forma cooperaron en los trabajos de caminos, puentes, etc., llegaron a tener un efectivo total de 80.000 hombres.

Las partidas de derivados del petróleo descargadas en el continente desde el día del desembarque, hasta febrero de 1945, totalizaron 2.352.875 toneladas, que fueron transportadas por oleoductos hasta los tanques, situados en distintos puntos del interior, para ser llevadas desde allí por camiones tanques, ferrocarriles y barcos, hasta los lugares de descarga.

Al terminar la guerra de 1939-45 las fuerzas de los EE. UU. contaban con 700.000 vehículos motorizados, nada más que para

sus abastecimientos, cantidad que resultó ser 15 veces superior a la empleada por esas fuerzas en la guerra de 1914-18.

Solamente para la construcción de los 62 puentes sobre el Rin se necesitaron 4.600 embarcaciones y más de 100.000 toneladas de puentes.

El gobierno, los hombres de ciencia y de la industria, poseídos del mismo espíritu de lucha que animaba a los soldados del frente, contribuyeron poderosamente a este exitoso resultado de los transportes ferroviarios y motorizados, en la lucha más grande que registra la historia de la humanidad.

* * *

A mi juicio, las conclusiones principales que se pueden sacar de los antecedentes que han sido expuestos en esta conferencia, son las siguientes:

1° — El ferrocarril conserva en la actualidad la misma importancia decisiva para la conducción integral de la guerra que desde los comienzos del siglo actual se le reconocía. La última gran guerra no ha hecho más que confirmarla.

La pérdida de los ferrocarriles por uno de los adversarios implica para él la pérdida de la guerra. En cambio, para aquel de los adversarios que, aún después de destruídos, consiga reconstruirlos, los ferrocarriles comportarán ventajas que facilitarán el triunfo final.

Esto será lo mismo en Europa que en cualquier otra parte donde actúen ejércitos organizados a la moderna y cuyos efectivos equivalgan a una gran masa de hombres.

Nada autoriza a pensar que en un futuro próximo esa importancia del ferrocarril habrá de disminuir, por el invento de otros medios mejores de transporte.

Desde luego, en esta apreciación no entra el cambio que en las condiciones de la guerra futura podría operarse, a causa de la energía atómica. Pensamos que, en tal caso, la transformación sería tan completa que ella incluiría no sólo a los ferrocarriles, sino también a todos los demás medios de transporte y elementos de la guerra.

La política ferroviaria que se desarrolle en tiempo de paz y que está en manos de los gobiernos, tiene forzosamente que tomar en consideración esa necesidad de la defensa nacional.

Tener un gran potencial en hombres, armamentos y materiales, y no disponer de ferrocarriles que permitan desplegarlos oportuna-

mente en las fronteras amenazadas, como así también proveerlos de todo lo necesario en el transcurso de una guerra, es resolver a medias el problema de la Defensa Nacional.

Como no es posible que los ferrocarriles se construyan exclusivamente de acuerdo con el interés estratégico, sino también con las necesidades industriales, económicas y vegetativas de la población, es evidente que si se consigue que en el interior del país y en la zona adyacente a las fronteras se formen, poco a poco, grandes centros de población e industriales, todos los puntos de vista antes mencionados podrán ser convenientemente armonizados.

2° — La necesidad de recurrir durante la guerra a los transportes en camiones, con el fin de completar y hasta de reemplazar transitoriamente al ferrocarril, será en el futuro mucho mayor que en el pasado. Pero las posibilidades de esos transporten necesitan ser muy bien interpretadas, para no caer en el error de creer que todo habrá de reducirse a tener camiones. Será esencial disponer de una industria automóvil propia y muy eficiente, que permita mantener los servicios establecidos, proveyéndole constantemente de nuevos vehículos, que con tanta facilidad se desgastan y pierden en la guerra, así como de una considerable cantidad de repuestos y cubiertas. También se requerirá un numeroso personal superior y subalterno especializado en la tracción mecánica; un cuerpo de ingenieros, capacitados por su preparación técnica especializada, así como por la dotación de máquinas y materiales, para construir nuevos caminos y mantener los existentes en perfectas condiciones de tránsito.

Hablar de transportes motorizados en gran escala es hablar de industria propia de combustibles.

3° — Es esencial fijar bien las ideas respecto al peligro que la aviación futura habrá de entrañar para los ferrocarriles.

La necesidad de conquistar la superioridad en el aire sobre el probable enemigo ha llegado a ser una condición básica de la guerra moderna.

Aquel de los adversarios que conquiste el dominio del aire estará en condiciones de destruir el potencial de guerra del otro, precipitando rápidamente su derrota. De nada valen hoy grandes ejér- terrestres y flotas, sin superioridad en el aire. Este concepto señala el sentido en que deben evolucionar y ser dosificadas en tiempo de paz las fuerzas armadas de la Nación y, consecuentemente, los recursos que se destinan para su sostenimiento.

El dominio aéreo significa, inexorablemente, el comienzo de la derrota para el adversario. A mediados de 1944 y ante el desesperante estado de las comunicaciones Hitler llegó hasta acordar prioridad a la construcción de material ferroviario rodante, sobre la construcción de material aéreo. Nada pudo con ello. Dueños del aire, los aliados continuaron golpeando implacablemente contra el sistema de comunicaciones del Reich, que se hundió bajo el bombardeo aéreo.

Por lo tanto, la mejor seguridad no sólo para los ferrocarriles, sino para la nación entera, la proporcionan, en primer término, las fuerzas aéreas.

Por lo menos, se necesitará disponer de fuerzas aéreas que por su calidad y cantidad estén en condiciones de hacer pagar muy caro al enemigo la conquista de la superioridad en el aire. Téngase presente los años que necesitó la aviación angloamericana para conquistar esa superioridad a los alemanes.

A menos que se trate de una proporción aplastante de fuerzas aéreas y de una acción sorpresiva, como en el caso de Polonia, la superioridad en el aire no se conquista de buenas a primeras, con la facilidad que muchos suponen.

Lo que los EE. UU. e Inglaterra estuvieron en condiciones de hacer para conquistar el dominio aéreo en la última guerra, no está al alcance de todas las demás naciones.

El poder de las bombas aéreas ha aumentado y seguirá aumentando. Ya están en uso bombas de 21 toneladas y se tiene listo el diseño de otras de 40 toneladas. Pero paralelamente y mientras no se trate de un bombardeo intenso, se debe contar con los grandes progresos que la técnica de las reparaciones ferroviarias realiza continuamente.

4° — Una defensa antiaérea bien organizada puede contribuir, poderosamente, a disminuir las posibilidades y efectos de los bombardeos aéreos sobre los ferrocarriles. Inglaterra dió una buena prueba de ello.

Los tres puntales modernos de esa defensa son: la aviación de caza, la artillería antiaérea y el radar.

5° — La necesidad de mejorar en tiempo de paz, en toda forma, las condiciones de la red ferroviaria, tendiendo a su mayor rendimiento en caso real. Disponer de una gran reserva de máquinas y vagones, de combustible, de materiales prefabricados para la reconstrucción de puentes, así como de todos los demás elementos

que normalmente necesitan los ferrocarriles. Preparar con sumo cuidado la movilización del personal civil ferroviario, superior y subalterno, cuya cooperación habrá de ser decisiva para la organización y el funcionamiento de los transportes.

6° — Es indispensable fomentar en todos los medios el desarrollo de una red caminera que permita el transporte motorizado, intensivo, hacia las regiones fronterizas.

7° — Igualmente, se deben fomentar en el país los transportes aéreos que en la reciente gran guerra han demostrado poseer una gran capacidad y regularidad de funcionamiento, como ocurrió en la Campaña de Birmania, en la que todo fué llevado y traído por el aire, hombres, artillería, municiones, alimentación, heridos y enfermos, etc., volando por encima del Himalaya, a más de 6.000 metros de altura, a través de una región de ríos torrentosos, de grandes extensiones de jungla y aún en medio de grandes y frecuentes lluvias.

Por pocos que sean los aviones de transporte de que se pueda disponer, no hay duda de que ellos habrían de significar un auxiliar de gran valor práctico.

8° — Finalmente: en la guerra futura habrá que apelar a todos los medios de transporte existentes, tanto terrestres, como fluviales y aéreos. Ello permitirá descongestionar a los ferrocarriles, acelerar y facilitar en toda forma los transportes, asegurándoles mejor en caso de que aquéllos sean bombardeados y sufran destrucciones; propender a una mayor conservación del material ferroviario, máxime cuando en el país no se cuenta con una industria especializada, al estilo de la alemana o norteamericana, que permite reponerlos con facilidad.

Todos los medios de transporte son vulnerables a los ataques aéreos, pero todos entre sí pueden complementarse, siempre que se los emplee en base a un plan, con una unidad clara y firme de propósito.

No escapará al juicio del ilustrado auditorio que me honra con su presencia, el interés que todos estos antecedentes relativos a los ferrocarriles podrá tener, en el caso particular de la Nación Argentina.

Bibliografía

Archivo del Estado Alemán. — « La Guerra de 1914 a 1918. - Los Ferrocarriles Alemanes ».

General H. H. Arnold, Comandante General de las Fuerzas Aéreas del Ejército de los EE. UU., durante la guerra 1939-1945. — « Informes de Guerra ».

Teniente Coronel H. Baur. — « Las tropas de ferrocarrileros alemanas en la Guerra Mundial (1914-18) ».

General Beggés. — « Le role militaireactuel des chemins de fer ». *Revue de Defense Nationale*, abril y mayo 1947.

General Boucherie. — « La Campagne de Pologne ». *Revue de Defense Nationale*, febrero 1940.

Teniente Coronel Boyleí(EE. UU.). — « El problema de operaciones mecanizadas desde el punto de vista del abastecimiento ». *Revista Militar*, octubre 1947.

Coronel Daniker. — « La estrategia alemana ».

Comando Antiaéroo de EE. UU. — « Artillería antiaérea versus Luftwaffe, el 11 de enero de 1945 ».

General Youri Danilov. — « Rusia en la Guerra Mundial 1914-17 ».

División Histórica del Departamento de Guerra de los EE. UU. — « La Cabeza de Playa de Omaha », 1944.

Teniente Coronel Fischer. — « Reflexiones sobre la conservación de los ejércitos franceses por medio de los ferrocarriles, desde 1914 a 1918 ». *Revista Militar*, febrero 1926.

Francia. — « La Crisis de los Transportes ». Boletín N° 92 de la Sección de Informaciones del Gran Cuartel General Francés. *Revista Militar Argentina*. Noviembre 1919.

Mayor General Jaime M. Gavin. — « En los bastidores de Normandía ». *Revista Militar*, enero febrero 1948.

General Giovaneli. — « La importancia de los Ferrocarriles. Unidades de Ferrocarrileros. Ferrocarriles en Campaña ». *Revista Militar*, marzo 1941.

Coronel Le Henaff y Capitán Henri Bornecque. — « Los Ferrocarriles Franceses y la Guerra ». 1928.

General Hartmann. — « Hier et demain dans le ciel ». *Revue de la Defense Nationale*, abril y mayo 1947.

General Harrisson. — « Utilización de los ferrocarriles económicos de trocha de 0 m 60 en la guerra de posición ». *Revista Militar*, agosto 1921.

Teniente Coronel Salviano Ramφn Herrera. — « La importancia del abastecimiento por vía aérea ». *Revista Militar*, agosto 1947.

Coronel C. G. Pattegson. — « La artillería antiaérea del I Ejército de Estados Unidos ». *Revista Militar*, noviembre 1946,

Teniente Coronel Pierre Paquier Claude Postel. — « La bataille aérienne d'Alemagne » (mars 1942-mai 1945).

Teniente Coronel Randolph Leigh. — « 48 millones de toneladas para Eisenhower ».

Teniente Coronel Loiret. — « L'Appui Aérien ». *Revue de Defense Nationale*, febrero 1947.

General de Ejército George C. Marshall, Jefe de Estado Mayor del Ejército de los EE. UU. — « Informe de Guerra ».

General A. Niessel. — *Revue de Defense Nationale*. Agosto de 1947.

S. Rogalski. — « La industria aeronáutica y el arma aérea polaca en la guerra alemana-polaca ». *Revista Militar*, enero 1943.

Comandante H. Rogé. — « Le probleme des engins blindés. Les opiniones du Général Guderian ». *Revue de Defense Nationale*, agostoí1947.

General de División M. Scwarte. — « Las enseñanzas Militares de la Gran Guerra ».

Sección Informaciones del Gran Cuartel General Francés. — « La crisis de los transportes ». *Revista Militar*, noviembre 1919.

Coronel R. F. Powler. — « Trabajo de un regimiento norteamericano de ingenieros ferrocarrileros en Francia (1914-18) ». *Revista Militar*, setiembre 1919.

Teniente Coronel von Wedel. — « La Campaña Alemana en Polonia ». *Revista Militar*, mayo 1942.

EL FACTOR DE POTENCIA, UN PROBLEMA DE INTERES NACIONAL

POR EL ING.

GASTON WUNENBURGER

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 25 de agosto de 1948.

El problema del factor de potencia constituye un tema técnico ampliamente conocido y estudiado desde el punto de vista teórico; difícilmente podría encontrarse en él algún punto que no constituya un lugar común en la Electrotecnia. Su importancia desde el punto de vista de la economía eléctrica ha sido debidamente valorada desde hace tiempo en todos los países con un grado de electrificación elevado, y tuvo como consecuencia la adopción de una serie de medidas, también conocidas y aplicadas parcialmente en el nuestro, para contrarrestar sus efectos perjudiciales.

Por otra parte, el intenso desarrollo industrial que experimenta actualmente nuestro país, combinado con el déficit de potencia eléctrica que se observa, no solamente entre nosotros, sino en todo el mundo, ha vuelto a conferir a este problema una cierta actualidad, y por esto parece conveniente examinarlo bajo el aspecto del momento económico actual.

FUNDAMENTOS TEORICOS

Recordamos que en las corrientes alternas, se distingue la potencia activa o efectiva (medida en Watt o en Kilowatt) de la potencia aparente (medida en Volt-ampere o en Kilovoltampere) y que el cociente entre estas dos magnitudes, igual o menor que la unidad, se llama factor de potencia. Designando con P la potencia activa, con S la potencia aparente y con λ el factor de potencia, tenemos en el caso más general

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{P}{I \,.\, U} = \frac{\Sigma_\nu \, U_\nu \, I_\nu \cos \varphi_\nu}{\sqrt{\Sigma_\nu \, U_\nu^2} \cdot \sqrt{\Sigma_\nu \, I_\nu^2}}$$

donde ν representa el orden de las armónicas de la tensión y de la corriente, U_ν e I_ν los valores eficaces de las distintas armónicas de las mismas. La fórmula rige para circuitos monofásicos o polifásicos, siempre que en ella se introduzcan las tensiones y las corrientes de fase.

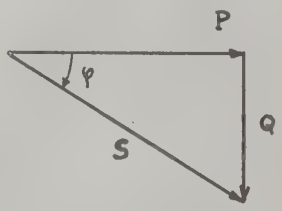
En el caso más frecuente de tensiones sinusoidales, la fórmula anterior se reduce a la siguiente

$$\lambda = \frac{UI_1 \cos \varphi_1}{U \sqrt{\Sigma_\nu I_\nu^2}} = \frac{I_1}{I} \cos \varphi_1 = k \,.\, \cos \varphi_1$$

donde k es el cociente de la armónica fundamental de la corriente por el valor eficaz de ésta y se llama factor de contracción, y $\cos \varphi_1$ el coseno del ángulo de fase entre la tensión y dicha armónica fundamental. Para corrientes de forma sinusoidal es $k = 1$ y queda $\lambda = \cos \varphi_1$, o sea en este caso el factor de potencia tiene el carácter de una función trigonométrica, y precisamente del coseno del ángulo de fase de la corriente con respecto a la tensión, conocido universalmente bajo la denominación de $\cos \varphi$.

En este caso, una simple relación trigonométrica permite definir la componente reactiva Q de la potencia aparente, expresada por el producto de ésta por el seno del mismo ángulo de fase φ. Rige entonces

$$P = S \cos \varphi \qquad \text{Watt}$$
$$Q = S \operatorname{sen} \varphi \qquad \text{Var}$$
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \qquad \text{VA}$$



Dicho sea de paso, la potencia reactiva sólo puede ser definida y medida en este caso particular; en el caso general, que afortunadamente no se presenta muy a menudo, la potencia reactiva no se puede medir directamente y es menester recurrir a definiciones más o menos artificiosas para poder establecer su valor (1).

(1) G. WUNENBURGER. — La definición de potencia activa y reactiva. *Revista del C. E. I.* 1935, Nº 400.

CAUSAS DE LA DISMINUCION DEL FACTOR DE POTENCIA

En la mayoría de los circuitos de corriente alterna el factor de potencia es inferior a la unidad, debido a la presencia de reactantancias inductivas y capacitivas y a la deformación de la curva de la corriente. Las reactancias inductivas son mucho más abundantes e importantes que las capacitivas, debido a que los aparatos de mayor consumo, en particular los motores, utilizan campos magnéticos que requieren corriente reactiva para su sostenimiento y que los mismos elementos que componen las redes de distribución y transporte de energía — en particular las líneas aéreas y los transformadores —, poseen reactancias inductivas en medida muy superior a la capacitiva. Por este motivo las corrientes resultan atrasadas en fase sobre la tensión y el factor de potencia es inductivo.

En otros casos, la característica de algunos elementos que componen el circuito no es linear, p. ej., circuitos magnéticos saturados, descargas en gases (rectificadores de vapor de mercurio, lámparas fluorescentes); a consecuencia de ello la curva de la corriente resulta deformada y el factor de contracción es menor que la unidad, resultando de esto una disminución del factor de potencia.

Pasando a examinar más detenidamente la influencia de cada uno de los factores mencionados, se llega a resultados que pueden ser resumidos en los puntos siguientes.

ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN

a) Líneas aéreas. — En éstas la reactancia capacitiva, que por ser transversal es susceptible de absorber corriente en adelanto de fase que compense parcialmente la componente inductiva de la corriente de consumo, es, hasta tanto no se trate de líneas muy largas ni de tensiones muy elevadas, despreciable. En cambio, la reactancia inductiva es más importante y crece con el aumento de la distancia entre los conductores y con la disminución del diámetro de los mismos (curvas *A* de la fig. 1). Esta reactancia tiene por otra parte un valor siempre más preponderante sobre la resistencia a medida que crece la sección de los conductores, debido a la disminución de aquella (curvas B de la fig. 1).

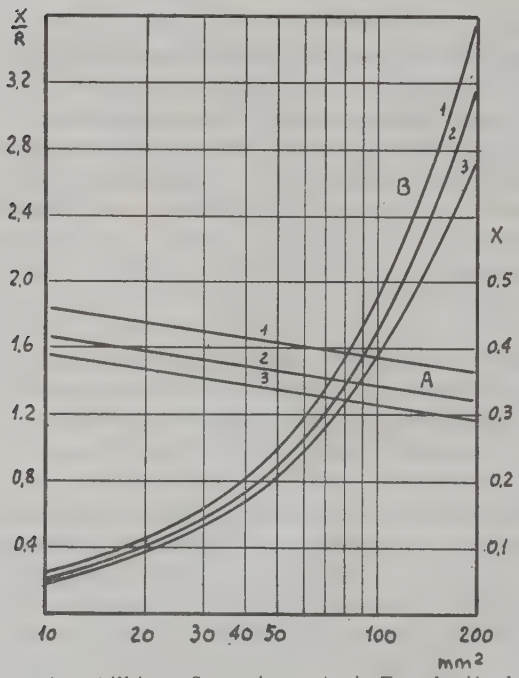


Fig. 1. — Líneas aéreas trifásicas: Curvas A: reactancia X en función de la sección. Curvas B: cociente X/R en función de la sección establecidas para una frecuencia de 50 Hz. Curvas 1: distancia entre conductores 240 cm (tensión de servicio aprox. 60 kV). Curvas 2: distancia entre conductores 120 cm (tensión de servicio aprox. 30 kV). Curvas 3: distancia entre conductores 80 cm (tensión de servicio aprox. 15 kV).

b) Cables subterráneos. — En cables para tensiones de servicio comprendidas entre 3 y 35 kV, la capacidad de servicio varía entre 0,1 y 0,6 μF/Km y crece con la sección de los conductores; de acuerdo con estos valores, la corriente capacitiva absorbida a la frecuencia de 50 períodos varían entre aproximadamente 0,1 y 1,5 Amp./Km (fig. 2). Aun cuando estos valores sean pequeños con relación a la corriente nominal del cable, que para los tipos considerados y secciones de 16 hasta 300 m² va de 85 a 485 ampere, en redes extensas de alta tensión puede contribuir en forma apreciable al mejoramiento del factor de potencia. La reactancia inductiva es en cambio mucho menor que en las líneas aéreas (Curvas A de la fig. 3) pero su influencia con relación a la resistencia se mantiene siempre apreciable.

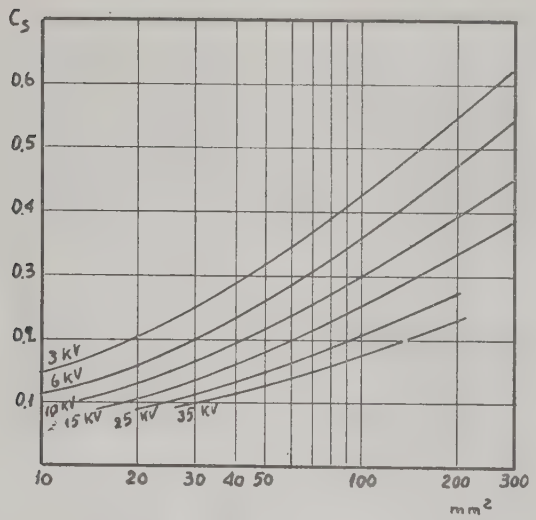


FIG. 2. — Cables trifásicos. Capacidad de servicio C_s en μF/Km. A la frecuencia de 50 Hz, la corriente capacitiva por kV de tensión concatenada y por Km se calcula con la fórmula $I_c = 0{,}181\ C_s$.

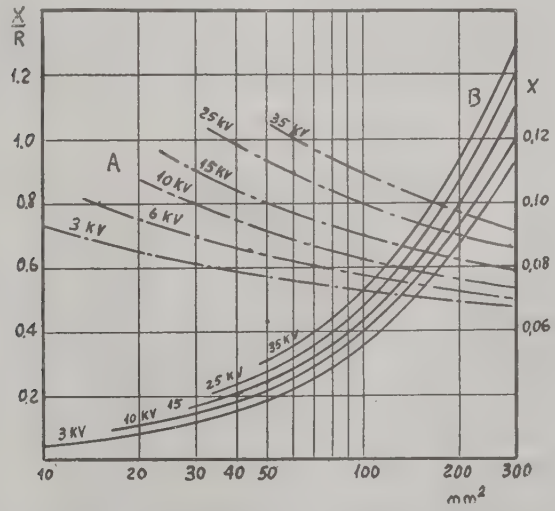


FIG. 3. — Cables subterráneos trifásicos: Curvas A: reactancia X en función de la sección. Curvas B: cociente X/R en función de la sección establecidas para una frecuencia de 50 Hz

Por otra parte, cualquier sea el valor absoluto de la reactancia inductiva de las líneas aéreas o de los cables, éstos deben ser dimensionados en forma tal, que la caída de tensión máxima no exceda un valor prácticamente admisible, lo que a su vez impone un límite máximo a la tensión de corto-circuito. Esta última magnitud, junto con el cociente X/R, determina el ángulo de desfasaje δ entre la tensión U_1 en el extremo transmisor y la tensión U_2 en el extremo receptor. Como se observa en el diagrama de la fig. 4, este ángulo

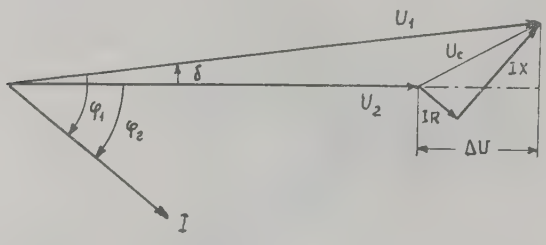


Fig. 4.

se suma (eventualmente también se resta) al ángulo de desfasaje entre la tensión y la corriente, contribuyendo así a modificar el ángulo de fase resultante $\varphi_1 = \varphi_2 + \delta$, disminuyendo eventualmente el factor de la potencia. Del mismo diagrama se deduce la expresión

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{U_c}{100} \frac{\frac{X}{R} \cos \varphi - \operatorname{sen} \varphi}{\sqrt{1 + \left(\frac{X}{R}\right)^2} + \frac{U_c}{100}\left(\cos \varphi + \frac{X}{R} \operatorname{sen} \varphi\right)}.$$

donde U_c es la tensión de corto-circuito porcentual de la línea. Se observa en ésta que para una línea dada, el ángulo de desfasaje δ es función del factor de potencia. Esta variación se ha representado en las curvas de la Fig. 5 para distintos valores del cociente X/R y para una tensión de corto-circuito del 10 %, valor que seguramente constituye un límite máximo. Se observa que para factores de potencia inductivos incluídos entre 0,9 y 0,7 y para cocientes X/R comprendidos entre 1 y 2, valores que se verifican generalmente en las redes de distribución, $tg\,\delta$ es inferior a 0,06, es decir que δ es menor que 3°, o sea la disminución del fac-

tor de potencia por efecto de la reactancia de las líneas es prácticamente insignificante.

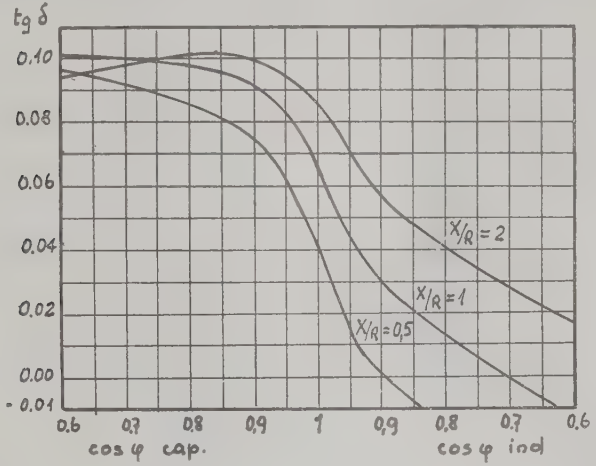


FIG. 5. — Líneas aéreas o de cables. Variación de $tg\ \delta$ en función del factor de potencia.

c) TRANSFORMADORES. — En estos la contribución al empeoramiento del factor de potencia está determinada por la corriente de imanación y por el desfasaje entre tensiones primaria y secundaria debido a las caídas internas. Como es sabido, la corriente de imanación es del orden de un 5 % de la corriente nominal para transformadores de mayor potencia, y aumenta a un 10 % y quizá hasta un 20 % para los de pequeña potencia.

Las curvas de la fig. 6 indican la relación entre la componente reactiva de la potencia y la potencia aparente (o sea el sen φ) para transformadores hasta 300 kVA a plena carga y a cargas parciales. Se observa que para potencias superiores a 100 kVA, dicho valor es del orden de 0,05 equivalente a un ángulo de aproximadamente 3° para la plena carga y del orden de 0,2, equivalente a poco más de 11° (cos φ correspondiente igual a 0,98) para el cuarto de carga, es decir, relativamente pequeño. Para un transformador de 25 kVA el valor es ya mayor, aunque sin ser importante: 0,1 equivalente a $\cos \varphi = 0{,}995$ (φ aprox. 6°) para la plena carga y 0,4 equivalente a $\cos \varphi = 0{,}916$ (φ aprox. 24°) para el cuarto de carga. Surge de ahí la conveniencia que los pequeños transformadores para redes de

distribución no sean sobredimensionados. En cuanto al defasaje producido por las caídas internas es completamente despreciable.

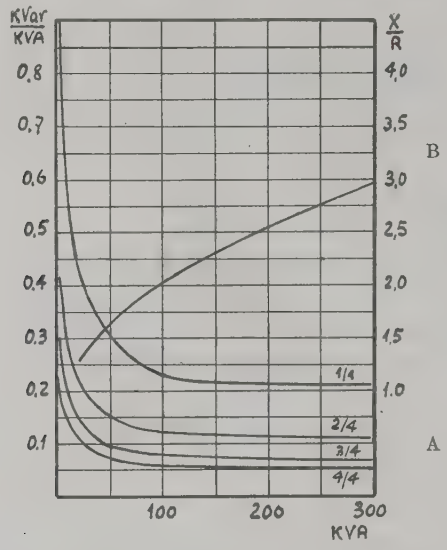


FIG. 6. — Transformadores: Curvas A: Consumo de potencia reactiva en relación a la aparente. Curva B: Relación X/R en función de la potencia aparente para la frecuencia de 50 Hz.

APARATOS DE CONSUMO

La causa de la disminución del factor de potencia reside pues principalmente en los aparatos de consumo. Entre estos se destacan los motores asincrónicos, que constituyen la máquina motriz más difundida, y las lámparas de luz fluorescente.

a) MOTORES ASINCRÓNICOS. — Aun cuando el principio en que se basan sea idéntico al del transformador, la presencia del entrehierro y la mayor dispersión de ambos arrollamientos requieren una corriente reactiva proporcionalmente mucho más elevada. En igualdad de potencia, la absorción de potencia reactiva en estos motores crece con el número de polos, es decir que el factor de potencia empeora con la disminución de la velocidad sincrónica. El factor de potencia disminuye además en forma notable al disminuir el estado de carga. Estas particularidades se comprueban observando las curvas de la

fig. 7, en las que han sido llevadas las variaciones del factor de potencia para $^1/_1$, $^3/_4$ y $^1/_2$ de la plena carga en función de la velocidad sincrónica para motores de anillos rozantes de 15 CV (curvas A) y para motores en corto-circuito de 4 CV (curvas B). De

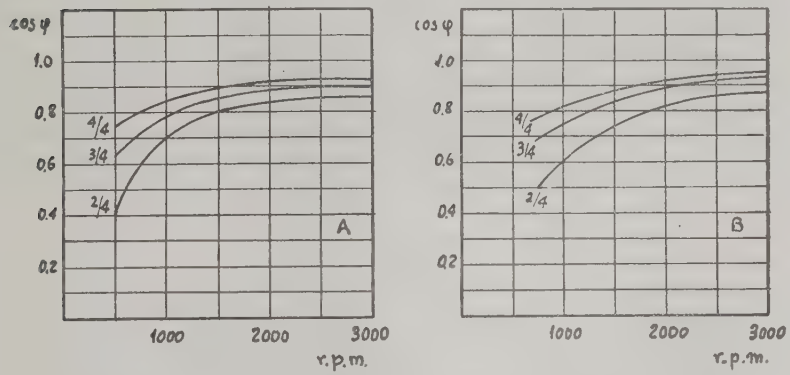


FIG. 7. — Factores de potencia de motores asincrónicos en función de la velocidad sincrónica. Curvas A: motores de anillos de 15 CV. Curvas B: motores en corto-circuito de 4 CV.

ahí surge la conveniencia, muchas veces señalada y sobre la cual es conveniente insistir, que los industriales elijan cuidadosamente la potencia de sus motores de acuerdo con la que requieren las máquinas accionadas por ellos. En general, hay una tendencia en sobreestimar dicha potencia, tendencia justificada por el hecho que es más conveniente a todas luces tener un margen en más que en menos. De ello resulta que los motores trabajan luego a carga reducida, con un factor de potencia muy bajo.

Interesante desde el punto de vista del factor de potencia resulta también la comparación de los motores de anillos con los motores en corto circuito. Estos últimos, por tener menor dispersión en el rotor, trabajan con factor de potencia más favorable como lo demuestran las curvas de la fig. 8 en las que se representa el factor de potencia a plena carga en función de la velocidad sincrónica para motores de 15 a 5 CV de anillos y en corto circuito. Se observa que la diferencia es pequeña para los motores de los dos tipos de 15 CV con 1500 y 3000 r.p.m.; en cambio es muy apreciable y del orden de $^5/_{100}$ para los motores de 5 CV.

Surge de esto que desde el punto de vista del factor de potencia será preferible emplear, siempre que las circunstancias lo permitan, los motores en corto circuito.

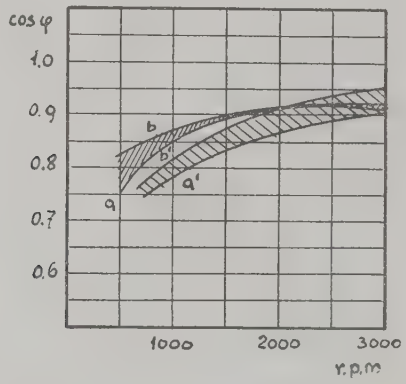


FIG. 8. — Factor de potencia a plena carga en función de la velocidad sincrónica para motores asincrónicos de las siguientes potencias: Curva a: motores de anillos de 15 CV. Curva a': motores de anillos de 5 CV. Curva b: motores en corto-circuito de 15 CV. Curva b': motores en corto-circuito de 5 CV.

b) LÁMPARAS FLUORESCENTES. — En el último decenio ha surgido una nueva causa importante del empeoramiento del factor potencia: el alumbrado fluorescente. Precedidas por las lámparas de vapores de sodio y de mercurio cuyo empleo, a pesar de su excelente rendimiento luminoso, quedó limitado al alumbrado de carreteras, playas ferroviarias y de estacionamiento, muelles, etc., debido al color de la luz emitida, las lámparas fluorescentes encontraron en cambio un amplio favor, especialmente para las aplicaciones industriales y comerciales, debido a su rendimiento luminoso elevado y al color de la luz emitida, especialmente el blanco y el llamado «luz día» de composición espectral semejante a la de la la luz solar. En la Tabla I se hallan indicados los datos característicos de los tubos fluorescentes corrientes, habiéndose agregado a título comparativo los valores característicos de lámparas de incandescencia comunes, observándose que los rendimientos luminosos de los primeros son 3-4 veces superiores.

Las lámparas fluorescentes constan esencialmente de un arco en vapor de mercurio de baja presión que, al emitir radiaciones ultravioletas, principalmente de 2537 A de longitud de onda, excita las

sustancias fluorescentes con que se hallan recubiertas las paredes del tubo, que se tornan luminiscentes. Al igual que todas las descargas en gases, este arco tiene una característica negativa y debe ser estabilizado por un elemento que produzca una caída adecuada. Para corriente alterna es éste una reactancia, que para tensión de la red de 225 volt absorbe el 50 % hasta el 75 % de la tensión aplicada. Esta reactancia desempeña además una función importante para el encendido del tubo. Sin embargo, su presencia reduce el factor de potencia del conjunto a cerca de 0,6, es decir que una lámpara fluorescente de una potencia efectiva total de 60 Watt absorbe una potencia aparente de 100 VA y una potencia reactiva de 80 Var en cifra redonda.

Tabla I

Lámpara fluorescente				Reactancia Pérdida W	Lámpara fluorescente con reactancia				Lámparade incandescencia 225 V	
W	V	Ilm./watt			V	W	Ilm./watt		W	Ilm./W
		Blanco	Luz día				Blanco	Luz día		
15	56	39	35	4,5	225	19,5	30	27	15	7,30
20	62	43	38	4,5	»	24,5	35	31	25	8,00
30	103	48	43	13,5	»	43,5	33,4	30	40	8,10
40	108	52	46	15,5	»	55,5	38	32,5	60	9,50
100	72	42	37	33,0	»	133	31,5	28	100	11,30

Esta circunstancia apareció desde un comienzo como un grave inconveniente, dado que si en un supuesto caso, las lámparas de incandescencia se reemplazaran en su totalidad por lámparas fluorescentes, el factor de potencia del consumo de alumbrado descendería de un valor próximo a la unidad al valor de 0,6. Aun sin ir a este extremo, reemplazando el alumbrado incandescente por el fluorescente en una proporción de potencia de 1:2, el factor de potencia disminuiría a 0,8323; en la proporción de 1:3, a 0,9140, y en la proporción de 1:4, a 0,949, o sea todavía implicaría una disminución de cinco centésimos con respecto a la unidad, que se agregarían a los ocasionados por otras causas.

Ahora bien, la potencia reactiva absorbida por las reactancias puede fácilmente compensarse, aun cuando no en su totalidad, co-

nectando en paralelo con el equipo de la lámpara fluorescente un capacitor de capacidad adecuada, con las ventajas evidentes que aparecen de las cifras de la Tabla II.

Tabla II

Tipo de lámpara W	Equipo completo no compensado con cos φ = 0,6			Equipo completo compensado a cos φ = 0,95			Capacidad necesaria para la comp. con 225 V
	W	VA	Var	W	VA	Var	μF
15	19,5	32,5	26	19,5	20,55	6,4	1,25
20	24,5	41	32	24,5	25,8	8,05	1,53
30	43,5	72,5	58	43,5	45,8	14,3	2,78
40	55,5	91	72,5	55,5	58,4	18,2	3,46
100	133,0	222	177	133,0	140,0	43,6	8,50

Se observa que con una tensión de servicio de 225 volt, el factor de potencia se puede compensar a 0,95 con capacidades relativamente modestas que van de 1,25 a 8,5 μF para los equipos corrientes.

El factor de potencia se compensa además empleando la disposición de dos lámparas destinadas a corregir el efecto estroboscópico (equipo tulamp). En efecto, la luz emitida por las lámparas fluorescentes, y en general por todas las descargas luminosas en gases alimentadas por corriente alterna, constan de una serie de destellos que se suceden, para una alimentación con 50 Hz, con una frecuencia de 100 períodos y que, si bien al iluminar objetos inmóviles o en movimiento lento producen la sensación de un flujo luminoso continuo en virtud del poder de conservación de las imágenes de la retina del ojo, originan en cambio la percepción de una serie de imágenes cuando los objetos se desplazan en rápido movimiento. Este efecto, llamado efecto estroboscópico, resulta sumamente molesto, especialmente cuando se trata de alumbrar plantas idustriales con máquinas en movimiento.

La técnica también ha subsanado este inconveniente, ideando los equipos de dos lámparas o dos tubos (equipos tulamp) en los cuales las corrientes que recorren los dos tubos de un mismo artefacto se hallan desfasadas de 90°, de tal manera que los destellos de un tubo coincidan con el intervalo entre los destellos del otro, obteniéndose de este modo un flujo luminoso más o menos uniforme.

Disponiendo las cosas en modo que la corriente absorbida por un tubo tenga un ángulo de fase de 45° en atraso con la tensión, y la del otro tubo un ángulo de 45° en adelanto, la corriente absorbida por el conjunto estará prácticamente en fase con la tensión, o sea el factor de potencia será próximo a la unidad.

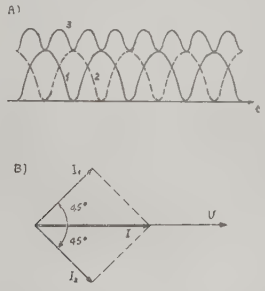


FIG. 9. — Características de un equipo de dos lámparas (tulamp): A) Curvas de variación aproximada del flujo luminoso en los dos tubos (curvas 1 y 2) y variación resultante (curva 3). B) Diagrama de corrientes: I_1 e I_2 corrientes en cada tubo; I corriente resultante.

Efectivamente, los equipos tulamp bien construidos tienen un factor de potencia que, al igual que los equipos de un tubo compensados con condensadores, es es próximo a 0,95.

Lastimosamente, una compensación a la unidad, tal como se puede realizar por ejemplo en los motores asincrónicos, no es posible con los equipos de tubos fluorescentes a causa de la deformación de la corriente. En efecto, a pesar que la tensión de las redes de distribución sea de forma prácticamente sinusoidal, la corriente absorbida por los equipos fluorescentes no lo es debido a la característica peculiar de la descarga en el vapor de mercurio y a la saturación de la reactancia. La primera causa tiene en realidad escasa influencia, no así la segunda, especialmente si por motivos económicos se emplean reactancias fuertemente saturadas. La forma de la curva de la corriente absorbida por una reactancia saturada a 13-14.000 Gauss tiene el aspecto de la curva *a* de la fig. 10. Esta curva, analizada según Fourier, contiene a más de la armónica fundamental, armónicas superiores de 3º, 5º, 7º orden, etc. Si descomponemos la armónica fundamental en dos componentes en fase y en cuadratura con la tensión aplicada (curvas *b* y *c*), tendremos

las componentes activa y reactiva de ésta correspondientes a un ángulo de 50°, o sea a un $\cos \varphi = 0{,}6428$.

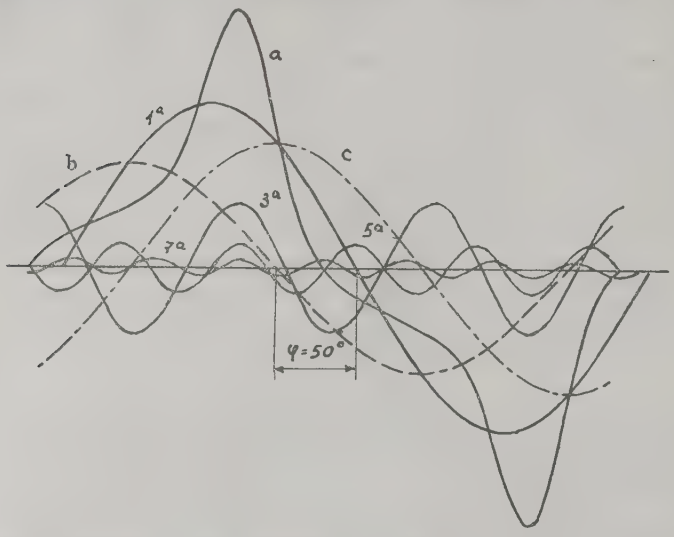


FIG. 10. — Reactancia con hierro saturado: a) Corriente de imanación. 1ª, 3ª, 5ª, 7ª; armónicas de primero, tercero, quinto y séptimo orden contenidas en la curva a). b) Componente activa de la armónica de primer orden. c) Componente reactiva de la armónica de primer orden.

La componente reactiva puede compensarse totalmente por medio de una corriente capacitiva adecuada; sumando entonces las armó-

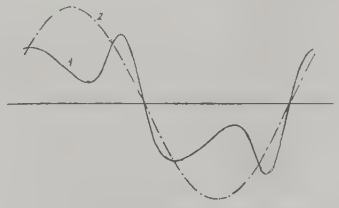


FIG. 11. — Reactancia saturada compensada por medio de un capacitor conectado en paralelo: 1) Curva de corriente deducida de la curva a) de la fig 10 una vez compensada totalmente la componente reactiva de la armónica fundamental. 2) Curva de la tensión.

nicas superiores a la componente activa se obtiene la corriente compensada, que tiene el aspecto de la curva de la fig. 11. Se obtiene

así una corriente en fase con la tensión, pero fuertemente deformada, con un factor de contracción de 22,6/27,2 = 0,83. Quiere decir que en este caso no será posible lograr un factor de potencia superior a dicho valor, a causa de la deformación de la corriente.

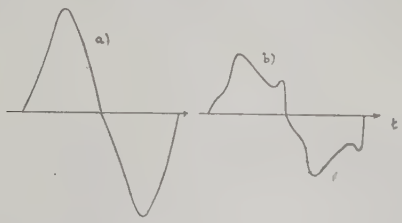


FIG. 12. — Curvas de corriente de una lámpara de vapor de mercurio de 75 Watt: a) no compensada (factor de potencia 0,37). b) compensada con capacitores (factor de potencia 0,94).

En las reactancias de las lámparas fluorescentes, la deformación de la corriente no es tan pronunciada como la del ejemplo que antecede, por adoptarse valores de la inducción más reducidos y emplearse hierros de buena calidad, pero, dentro de las posibilidades

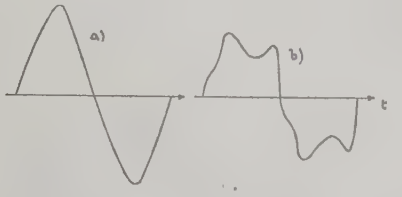


FIG. 13. — Curvas de corriente de una lámpara de vapor de sodio de 75 W: a) no compensada (factor de potencia 0,214). b) compensada con capacitores (factor de potencia 0,91).

de la realización práctica, difícilmente será posible conseguir un factor de potencia superior a 0,95, valor que, aun siendo excelente, es de 5/100 inferior a la unidad y puede influir desfavorablemente sobre el total.

Las curvas de las figs. 12, 13 y 14 representan las formas de las curvas de corriente de una lámpara de vapor de mercurio, de vapor de sodio y fluorescente, respectivamente, sin compensación y compensadas al factor de potencia máximo por medio de capacitores.

Se observa que en los tres casos las curvas tienen idéntico carácter y semejante al indicado en el ejemplo anterior.

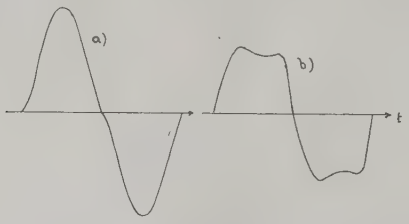


FIG. 14. — Curvas de corriente de una lámpara fluorescente de 40 W: a) no compensada (factor de potencia 0.565); b) compensada con capacitores (factor de potencia 0,89).

INCONVENIENTES QUE DERIVAN DE UN FACTOR DE POTENCIA DE VALOR REDUCIDO

Por todas las causas enunciadas, el factor de potencia en las redes de distribución es menor que la unidad.

Esta circunstancia se acepta universalmente como un hecho indiscutido e inevitable, tanto es así que algunas normas (la VDE p. ej.) admiten que, de no especificarse otra cosa, el factor de potencia para alternadores se admitirá igual a 0,8 inductivo; otras (ASA) dicen que el valor standard del f. d. p. para alternadores será de 0,8 inductivo.

Este valor implica que a una potencia activa de 100 le corresponde una potencia aparente de 125 y una potencia reactiva de 75 (fig. 15), siendo en caso de corrientes sinusoidales el desfasaje de la corriente con respecto a la tensión de aproximadamente 37°.

En realidad, el valor 0,8 del factor de potencia es un valor normalizado que en los grandes centros industriales y en las zonas eminentemente rurales constituye más bien la expresión de un deseo, pues en éstas su valor real es sensiblemente inferior a 0,8.

Las consecuencias de la disminución del factor de potencia son conocidas y pueden concretarse en los puntos siguientes:

1º — Aumento de las pérdidas en máquinas e instalaciones y consiguiente disminución de los rendimientos energéticos.

2º — Aumento de las caídas de tensión.

3º — Disminución de la potencia disponible en las centrales.

PÉRDIDAS

Las pérdidas por efecto Joule en máquinas e instalaciones crecen, estando las demás condiciones constantes, en razón inversa del cuadrado del factor de potencia, de acuerdo con la ecuación:

$$\Delta P = I^2 R = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi}$$

En la fig. 15 se indica esta variación, de la que se desprende que para igual potencia efectiva, las pérdidas crecen en la proporción

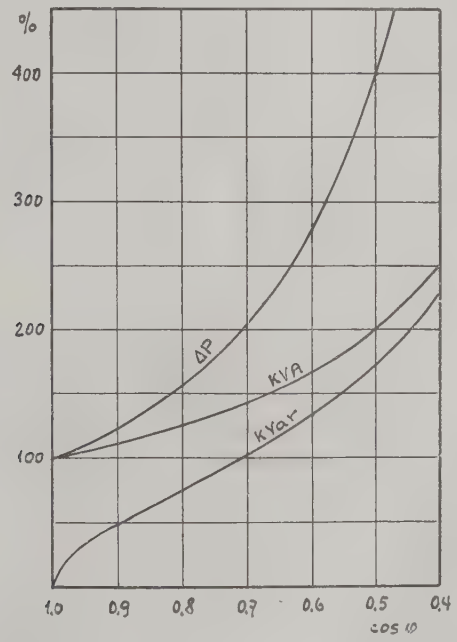


FIG. 15. — Potencia aparente y reactiva, referidas a 100 % de potencia activa, en función del factor de potencia. Pérdidas por efecto Joule ΔP, referidas a 100 % a factor de potencia unitario, en función del factor de potencia.

de uno a cuatro en correspondencia a una disminución del factor de potencia de uno a 0,5.

En realidad, el problema de las pérdidas no se presenta bajo un aspecto tan extremo como el de este ejemplo. Suponiendo que en una red el factor de potencia disminuya de 0,8 a 0,7 manteniéndose invariada la potencia activa; ello significará un aumento de las pérdidas en la proporción de 204/156, o sea ae aproximadamente un 130 %. Quiere decir que si las pérdidas a factor de potencia 0,8 sumaban el 10 % de la potencia útil, con factor de potencia igual a 0,7 serán el 13 % y por consiguiente la potencia generada habrá aumentado en la proporción de 110 a 113 o sea del 2,72 %. Si la potencia y el factor de potencia son constantes en el tiempo, las energías mantendrán la misma proporción y así también los gastos de combustibles.

Aun cuando este aumento del 2,72 % sea pequeño en valor absoluto, es importante en valor relativo y representa p. ej. la cuarta parte del incremento de la producción de energía eléctrica que se ha verificado en nuestro país durante el último año.

En realidad, en una red de distribución el cálculo de las pérdidas de energía no será tan sencillo porque ni la potencia, ni el factor de potencia se mantienen constantes en el tiempo. Es menester efectuar entonces una integración

$$\Delta w = \int_0^T i^2 R \, dt = \frac{R}{U^2} \int_0^T \left(\frac{P}{\cos \varphi} \right)^2 dt$$

la cual dará un valor distinto del que se obtendría operando son una potencia media y un factor de potencia medio, aun cuando en los casos prácticos las diferencias no sean muy apreciables. Por consiguiente si en el ejemplo anterior, los factores de potencia indicados fuesen factores de potencia medios, las pérdidas de energía serían en realidad un poco mayor que las calculadas.

CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión en los elementos de transmisión es función, a más de las características propias del elemento, del factor de potencia. Del diagrama de la fig. 4 se deduce que la caída de tensión porcentual ΔU está dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta U = \frac{100 . P . R}{U_2^2 \cos \varphi} \left(\cos \varphi + \frac{X}{R} \operatorname{sen} \varphi \right) = \frac{100 . S . R}{U_2^2} \left(\cos \varphi + \frac{X}{R} \operatorname{sen} \varphi \right)$$

donde U_2 es la tensión de recepción (constante). Las curvas de la fig. 16 indican la variación de la caída de tensión en función del factor de potencia para resistencia y potencia aparente constante.

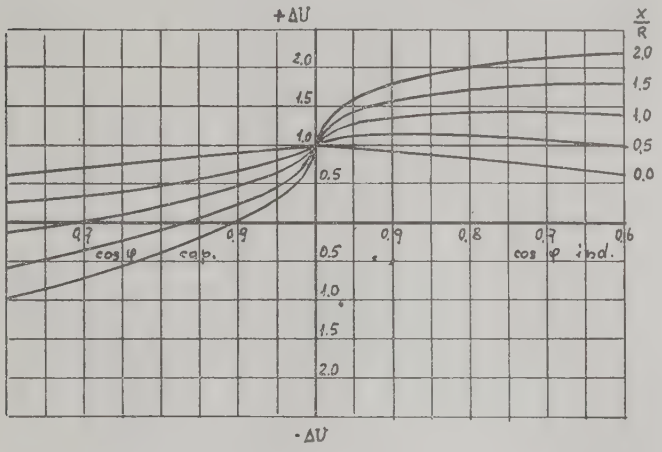


Fig. 16. — Caída de tensión en elementos de transmisión en función del factor de potencia, para caída óhmica constante y distintos valores del cociente X/R y para potencia aparente constante.

Se constata que si nos limitamos a considerar variaciones del factor de potencia entre 0,9 y 0,6 inductivo, tal como puede verificarse en todas las redes de distribución, las variaciones de la caída de tensión son despreciables. En aquellos elementos cuyo cociente X/R sea inferior a la unidad (cables subterráneos y líneas aéreas hasta 60 kV de sección inferior a 60 mm²) la caída de tensión permanece prácticamente invariada con tendencia a disminuir, al reducirse el valor del factor de potencia.

Aun en aquellos elementos cuyos cociente X/R esté incluído entre 1 y 2 (líneas aéreas de sección mayor de 50 mm² y transformadores de potencia inferior a 100 kV-A) el aumento de la caída de tensión al pasar de un f. d. p. 0,8 a 0,7 será sólo de un 7 %. Recién para cocientes X/R mayores que 2 el aumento es más apreciable aunque no cuantioso.

Téngase presente que una red de distribución urbana por cables subterráneos, contando desde la salida de las subestaciones principales, tiene un cociente X/R total próximo a la unidad, valor que

crece hasta 1,5 para distribuciones de menor potencia con líneas aéreas.

Un aspecto más desfavorable ofrece el problema si nos referimos a una potencia activa constante (fig. 17). En este caso, en la eventualidad desfavorable de un cociente X/R igual a 1,5, al pasar de

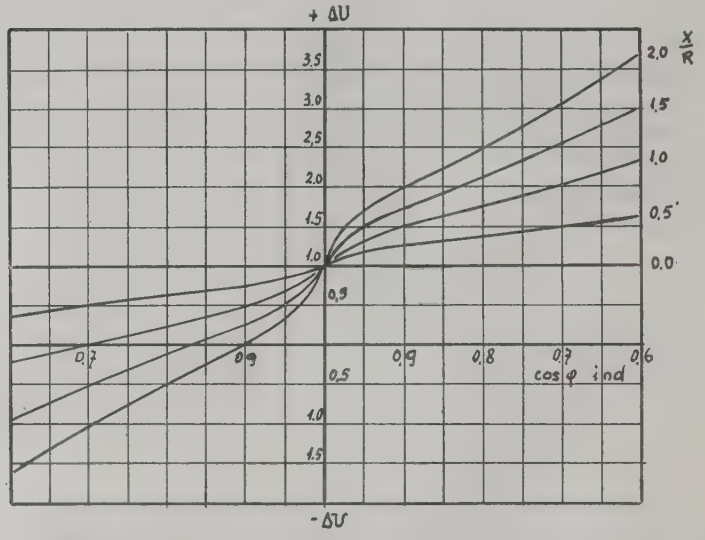


FIG. 17. — Caída de tensión en elementos de transmisión en función del factor de potencia, para caída óhmica constante y distintos valores del cociente X/R y para potencia activa constante.

un factor de potencia 0,8 a 0,7 inductivo, el aumento de la caída de tensión será del 21 %, es decir que si la caída de tensión de la red era del 5 %, habría aumentado al 6,1 %.

Se ve pues que el problema de la caída de tensión, al igual como el problema de las pérdidas, considerado como factor aislado, no tiene una importancia excesiva.

DISMINUCIÓN DE LA POTENCIA DISPONIBLE

Mayor importancia tiene en cambio el aumento de la potencia instalada que implica una disminución del factor de potencia. Es sabido que la dimensión de las máquinas, alternadores, transfor-

madores, etc., así como de las instalaciones de distribución: cables, líneas aéreas, interruptores, etc., se basa en la potencia aparente.

En igualdad de potencia activa una disminución del factor de potencia de 0,8 a 0,7 implica un aumento de la potencia aparente del 14 %; una disminución de 0,8 a 0,6, un aumento del 33 %; es decir que si la planta ha sido dimensionada en base a un factor de potencia de 0,8 y trabaja a plena carga, a causa de este aumento entrará en sobrecarga y prescindiendo de los aumentos de pérdidas de energía y de caída de tensión, se producirá un calentamiento inadmisible que obligará a reforzar los cables, a ampliar las instalaciones, agregando transformadores y máquinas en la proporción correspondiente al aumento de potencia aparente.

Pero, aun suponiendo que la potencia aparente se mantuviese constante, la disminución del factor de potencia producirá una reducción de la potencia de los alternadores. En efecto, mientras que para los transformadores, cables, interruptores, etc., la potencia aparente transmitida es independiente del factor de potencia, lo mismo no sucede para los alternadores, en los cuales la potencia aparente que puede ser suministrada es limitada por la excitación disponible.

Así, un alternador construído para suministrar una determinada potencia aparente bajo un factor de potencia igual a 0,8 podrá producir la misma potencia aparente a factores de potencia mayores, siempre que se le suministre la potencia mecánica equivalente, pero no podrá hacerlo con un factor de potencia inferior, p. ej. 0,7, porque no dispondrá de la potencia de excitación necesaria y porque, aún disponiendo de ella, los arrollamientos inductores se calentarían excesivamente. Las curvas de la fig. 18 indican la reducción de la potencia activa de alternadores en función del factor de potencia, correspondiendo las curvas a, a' y a'' a turboalternadores, y las curvas b, b' y b'' a alternadores de polos salientes. Así p. ej., en un alternador construido par funcionar con factor de potencia igual a 0,8, la reducción del mismo a 0,7 debería producir una disminución de la potencia activa en la proporción de 0,7/0,8 o sea al 87,5 % (línea de trazos y puntos), mientras que en cambio la disminución real es al 80 %; la diferencia del 7,5 % es debida a la disminución de la potencia aparente motivada por la insuficiencia de la excitación. Esta merma en la potencia activa es muy apreciable y tanto

más sensible por cuanto se supone que el alternador funciona a plena carga, o sea al límite máximo de producción de la central.

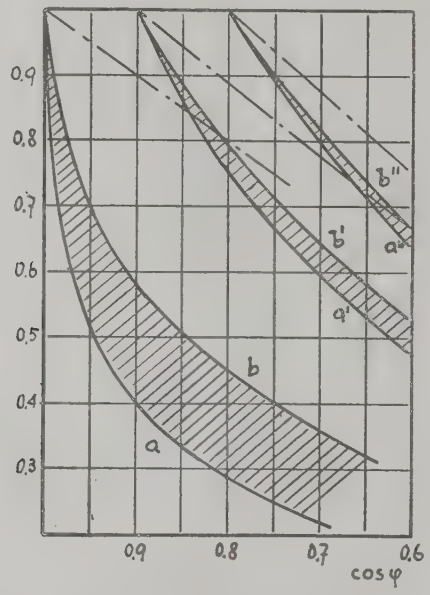


FIG. 18. — Disminución de la potencia activa de alternadores en función del factor de potencia. Ordenadas: relación entre la potencia producida y la potencia nominal a factor de potencia nominal: Turboalternadores: Curva a: factor de potencia nominal 1.0; curva a': factor de potencia nominal 0,9; curva a'': factor de potencia nominal 0,8. Alternadores de polos salientes: Curva b: factor de potencia nominal 1,0; curva b': factor de potencia nominal 0,9; curva b'': factor de potencia nominal 0,8.

METODOS Y DISPOSITIVOS PARA CONSEGUIR UN MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA

Los métodos a emplearse para el mejoramiento del factor de potencia son muy conocidos y no es preciso insistir sobre ellos. Se pueden subdividir de acuerdo con dos aspectos: los a aplicarse por los productores de energía y los a aplicarse por los consumidores.

Los métodos aplicables por los productores consisten en la compensación centralizada por medio de condensadores sincrónicos o de baterías de condensadores que tienen por objeto especialmente de corregir las caídas de tensión y deben ser concentrados en subestaciones posiblemente alejadas del centro de producción. Con ellos se

podrá compnsar la caída de tensión en los ramales más importantes de una red primaria, especialmente si se trata de líneas aéreas; no se podrá en cambio compensar la red secundaria.

Compensando con baterías de condensadores, ello podrá hacerse de preferencia en lugares donde la carga no sea excesivamente variable, para no tener que variar la capacitancia conectada; de otro modo la instalación se complica con los aparatos de conexión necesarios.

Una compensación con baterías de capacitores en la central, que por otra parte sólo resolvería el problema para los generadores y no para la red, a más de requerir baterías de gran tamaño, implica graves riesgos para las máquinas mismas que pueden autoexcitarse y sólo se podrá aplicar en casos muy particulares.

La compensación con máquinas sincrónicas es espléndida en teoría y se menciona en una multitud de textos y de tratados, pero de llevarse a cabo en la práctica, su efecto es muy limitado. Prescindiendo del caso de las grandes transmisiones de energía, en que es indispensable, en las redes de distribución de energía sólo se puede llevar a cabo en forma parcial. Si se quiere, p. ej. mejorar el f. d. p. de 0,7 a 0,8 en una subestación de 10000 kW, se precisará una potencia reactiva de 2500 kVar. Ahora bien, un condensador sincrónico de esa potencia resulta más costoso que un alternador común, y en general resultará preferible aumentar el número de máquinas generadoras para cubrir la potencia reactiva inductiva necesaria. Si la operación se quiere llevar a cabo con máquinas existentes que por diversos motivos no pueden emplearse para el servicio de producción, habrá que tener presente que un alternador común, diseñado para un factor de potencia igual a 0,8, y que se haga funcionar como motor sincrónico sobreexcitado, deberá tener, para proporcionar la potencia reactiva del ejemplo que antecede, una potencia nominal de por lo menos 3600 kVA, y de 4000 kVA si ha sido diseñado para $\cos \varphi = 0{,}9$, a menos que no se quiera reforzar convenientemente el circuito y la potencia de excitación.

Basándose en el principio que la potencia reactiva debe ser compensada allí donde se consume, se impone con toda evidencia la compensación individual de los aparatos de consumo, o por lo menos de grupos reducidos de los mismos. De ahí la necesidad de compensar con capacitores individuales los motores asincrónicos, los hornos de inducción, los equipos de lámparas fluorescentes, de fo-

mentar el empleo de motores sincrónicos allí donde las condiciones lo permiten y el empleo de máquinas especiales de elevado f. d. p. que todos conocen.

Dado que esta compensación está a cargo del usuario, no es suficiente la obra de persuasión para inducirlo a efectuarla; son necesarias medidas coercitivas que se traducen en el aumento del costo de la energía cuando el factor de potencia es inferior a un determinado valor, y eventualmente bonificaciones sobre dicho costo,

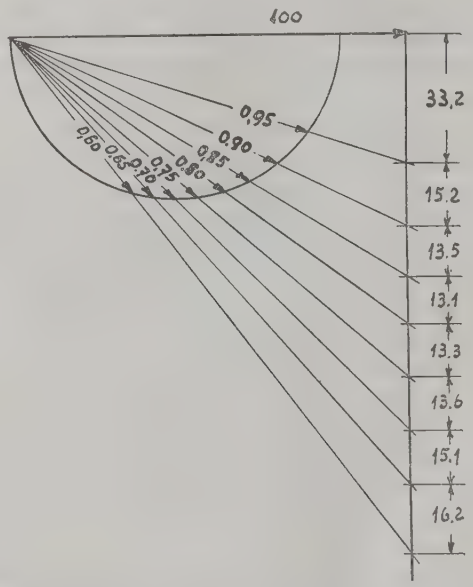


FIG. 19. — Porcentajes de potencia reactiva necesarios para obtener una variación de $^{5}/_{100}$ del factor de potencia, referidos a una potencia activa de 100 %.

cuando sea mayor. Dado que este recurso implica métodos especiales de medición y cláusulas contractuales, sólo es aplicable a consumidores importantes, especialmente industrias; no se puede en cambio aplicar al pequeño consumidor, que por otra parte hasta hace poco absorbía energía a un factor de potencia elevado. En general, se establece como valor crítico, el valor de 0,8, porque como ya se dijo este valor es aceptado universalmente y porque la compensación en su entorno requiere el mínimo de potencia reactiva (ver fig. 19).

* *

En nuestro país, el problema del factor de potencia tuvo hasta hace un decenio un aspecto muy secundario, porque el consumo industrial era inferior al de otros usos y porque no se tenían redes de grande extensión, con múltiples transformaciones que lo afectan sensiblemente.

En la actualidad, sin embargo, asistimos a un desarrollo industrial muy importante, que desde el punto de vista de la economía eléctrica se traduce en un aumento del consumo de energía y una disminución del factor de potencia en las redes, motivado por el aumento de fuerza motriz. Desde este punto de vista nos encontramos en la misma situación que tuvieron que enfrentar muchos países de Europa y los Estados Unidos de N. A. después de la primera guerra mundial, con la agravante de la difusión del alumbrado fluorescente. Correspondería pues aplicar los mismos recursos que han sido empleados con éxito en otra parte hace 25 años y que hemos mencionado.

La situación actual es sin embargo muy distinta a la que existía en aquel entonces. En efecto, asistimos actualmente a una crisis mundial de potencia y de energía; no solamente escasean los combustibles sólidos y líquidos, sino que también hay una carencia extrema de potencia eléctrica. Durante los cinco años de guerra, la construcción de nuevas plantas termo e hidroeléctricas ha sido prácticamente interrumpida, y a la terminación de la contienda el mundo se ha encontrado con que su número había disminuido debido a las destrucciones en los países afectados por la misma. Así Italia, que en el año 1942 disponía de una potencia instalada generadora de 7 GW (1), experimentó una reducción a 5,6 GW en 1944 por efecto de las destrucciones bélicas (2); la región de París sufrió por las mismas causas una disminución de la potencia disponible de 800.000 kW en 1939 a 430.000 kW en 1944 (3). Reducciones muy importantes por la misma causa sufrieron también Bélgica, los Países Bajos, sin hablar de Alemania y de la Unión Soviética.

Hubo pues que empezar por reconstruir lo destruído, tarea que aún no ha terminado, y luego proceder a la construcción de nuevas plantas y a la renovación del material de las existentes.

(1) 1 GW = 10^6 KW = 10^9 W.
(2) *Bulletin ASE* 1947, pág. 398.
(3) *Rev. Gén. Electr.* 1945, pág. 9.

La industria eléctrica mundial, también debilitada por la inhabilitación de muchas fábricas, especialmente de las alemanas, tuvo y tiene que hacer frente a una demanda extraordinaria, que no puede satisfacer sino a un ritmo que no alcanza a cubrir las necesidades inmediatas. Muchas fábricas han establecido prioridades y órdenes de precedencia, y los clientes tienen que esperar su turno que tarda fácilmente un par de años para llegar. Agregando a este lapso el tiempo que insume la fabricación, que es también más largo debido la falta de materiales críticos y a dificultades de todo orden, se llega a plazos de entrega de 3 ó 4 años para materiales que se conseguían en quince meses antes del 1939.

TABLA III (4)

Producción de energía eléctrica en GWh (5) *y números índices*

	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946
Argentina ..	2328	2461	2550	2664	2774	2927	3113	2998	3220 *
	100	105.7	109.3	114.3	119.0	125.8	133.5	128.8	138.2
Bélgica	5280	5592	4188	4824	4980	5064	3708	4524	6252
	100	105.9	79.3	91.4	94.5	96.0	70.2	85.6	118.5
Canadá	26160	28344	30108	33312	37356	40476	40596	40104	41604
	100	108.4	115.3	127.4	143.0	154.8	155.2	153.6	159.2
EE.UU. ...	113808	127644	141828	164796	185940	220968	228192	222480	223128 **
	100	112.1	124.7	144.8	163.2	194.1	200.5	195.8	196.1
Francia	18576	19716	17376	19044	18924	19956	14388	17568	22164
	100	106.1	93.5	102.6	102.0	107.3	77.5	94.5	119.1
G. Bretaña .	24372	26412	28776	32364	35652	36948	38352	37284	41244
	100	108.5	118.0	132.9	146.5	150.8	157.3	153.1	169.5
Italia *** ..	13140	15156	16392	17736	17256	15756	11796	11292	15324
	100	115.3	124.7	135.0	131.3	119.9	89.8	85.9	116.6
Japón	26952	29856	31152	33972	33624	34836	33096	20064	27084
	100	110.8	115.6	126.0	125.0	129.3	122.9	74.3	100.6
Noruega ...	9636	10212	8700	8964	9612	10956	11052	9840	11256
	100	106.0	90.3	93.1	99.7	113.7	114.8	102.1	116.8
Suecia	6660	7404	7272	7836	8316	9444	10668	11676	12108
	100	111.2	109.2	117.6	124.9	141.8	160.2	175.1	182.0
Suiza	5376	5866	6288	6492	6468	6996	7368	7980	8352 ****
	100	109.0	117.0	120.8	120.3	130.0	137.1	148.7	155.5

*) En 1947: 3525 GWh (151,2).
**) En 1947: 255.394 GWh (224,2).
***) Aproximadamente el 90 % de la producción total.
****) En 1947: 9822 GWh (182,5).

(4) *Revista Electrotécnica*, 1948, pág. 88.

(5) 1 GWh = 10^6 KWh.

Paralelamente, la producción de energía eléctrica sigue con ritmo ascendente en todo el mundo debido al grado de electrificación siempre mayor, y en el año 1946 ya superaba la del año 1939 en los mismos países afectados por la guerra. Los guarismos de la Tabla III reflejan este aumento en forma significativa.

Como consecuencia de este incremento, las nuevas plantas apenas llegan a satisfacer el incremento del consumo. Durante el último invierno, la demanda máxima en los Estados Unidos sólo fué de 5 % inferior a la potencia instalada disponible y se espera poder elevar éste margen al 6-7 % par el próximo invierno; en Suiza fué necesario introducir un racionamiento de la energía debido a una sequía prolongada y se está activando la construcción de nuevos embalses que permitan aumentar la producción de energía invernal; en Italia se calcula que el consumo debería alcanzar los 23.000 GWh en el año 1950 (1) y la Sociedad Edison de Milán está construyendo o proyectando 37 centrales hidroeléctricas que por supuesto, no se terminarán en plazo tan breve.

El déficit de energía eléctrica es pues sensible en todo el mundo y todos los países se empeñan activamente para subsanarlo.

Este déficit también existe en el nuestro, ya que durante el período de guerra no han sido construidas nuevas plantas y recién al terminar ésta se ha encarado la ampliación de las existentes y la construcción de nuevas. El Estado, por intermedio de la Dirección Nacional de la Energía, ha iniciado un vasto plan de electfificación y de aprovechamiento de las fuerzas hidráulicas del país. Así han sido ampliadas las centrales de Sanat Fe, de Tucumán, de Córdoba y de Mendoza; se encuentran en ejecución los aprovechamientos del Río Tercero (segundo salto), Luján de Cuyo, etc.; se están ampliando las centrales de la Capital Federal, de modo que hasta el año 1951 el país dispondrá de aproximadamente 250.000 kW más que en 1945, que permitirán incrementar la producción en aproximadamente 1000 Gwh. Los incrementos que ha experimentado la producción de energía en los últimos años, que ha pasado de 2998 GWh en 1945 a 3525 GWh en 1947, deja sin embargo prever que hasta fines de 150 la producción excederá los 4000 GWh, con un aumento de 1300 GWh con respecto al 1945, o sea que en ese entonces tendremos un déficit de energía y de potencia en las horas de punta.

(1) V. de Biasi. — Técnica Italiana, vol. 2, pág. 23.

En la actualidad, este déficit es muy sensible, y a causa de ello muchos industriales sólo consiguen con dificultad la potencia eléctrica que necesitan para la ampliación de sus fábricas o la instalación de nuevas.

En tal emergencia, una disminución del factor de potencia resulta muy perjudicial, ya que reduce la productividad de las plantas generadoras sin que haya la posibilidad de ampliarlas al ritmo que requiere la demanda. Todos los factores que hemos analizado al comienzo de nuestra exposición se suman, y aun cuando para mencionar tan solo uno de ellos, el incremento de las pérdidas por esta causa represente tan solo el 1 % de la energía consumida, sobre un total de 2820 GWh consumidos durante el 1947 corresponde a 28 GWh anuales, equivalentes a 7000 kW de potencia, que permitirían satisfacer a las necesidades de unos cuantos consumidores. A esto se agrega la disminución de la productividad de las plantas generadoras, que también restringe la posibilidad de abastecer a nuevos consumidores.

La posibilidad de lograr un mejoramiento del factor de potencia de parte de los consumidores importantes, en particular de los industriales, por medio de recargos del costo de la energía, no es suficiente en los momentos actuales, ya que los capacitores necesarios para efectuar la compensación deben en gran parte adquirirse en el extranjero. La escasez de divisas y la abundancia de dinero pueden determinar que los industriales prefieran pagar las penalidades y reserven las divisas para las compras más indispensables para sus industrias. Es necesaria pues una obra de persuación para convencerlos que al compensar el factor de potencia, benefician no solamente a sí mismos, sino también a la economía nacional. En efecto, supongamos por ejemplo una central de 10000 kW construída para un factor de potencia de 0,8 que funcione a plena carga, como sucede prácticamente para todas nuestras plantas actualmente. Para ésta, una reducción de factor de potencia a 0,7 significa, de acuerdo con las curvas de la fig. 14, una disminución de la potencia del 17 %, es decir que sólo podrá producir 8300 kW. Para generar la diferencia de 1700 kW, será menester instalar nuevas máquinas, que no se consiguen sino a plazos muy largos y que, de obtenerse, implican una erogación, tratándose de una central térmica de vapor, de alrededor de 900 pesos el kilowatt, o sea un total de 1,5 millones de pesos.

En cambio, para compensar el factor de potencia de 0,7 a 0,8, se necesitarán capacitores par una potencia de 2500 Kvar, que a un costo de aproximadamente 150 pesos el Kvar representan un total de 375.000 pesos. Queda pues una diferencia de más de un millón de pesos a beneficio de la economía nacional, ya que se trata de dinero que no tendrá que salir del país. Observamos que en este cálculo no se han considerado las pérdidas adicionales en la red.

Un problema particular lo constituyen las lámparas fluorescentes, que por ser elementos de pequeña potencia y fuentes de luz no pueden ser objeto de una tarifa especial. La mayoría de los equipos que se instalan entre nosotros no son compensados, y absorben por consiguiente energía bajo un factor de potencia del orden de 0,6.

Esta falta de compensación tiene su origen en motivos económicos. En efecto, un equipo fluorescente de 1 tubo de 40 W. que consta, a más de este, de una reactancia, un arrancador y dos zócalos, cuesta entre 26 y 31 pesos según calidad. El capacitor de aprox. 3,5 μF necesario para compensar el factor de potencia cuesta cerca de 3,50 pesos, o sea aumenta el costo del 11 al 15 %. Al igual que el tubo y el arrancador, tiene en general que ser importado, con la diferencia que sin tubo y sin arrancador la lámpara no funciona, mientras que el capacitor no es indispensable. Un equipo tulamp, compuesto de dos tubos, dos arrancadores, reactancia y zócalos cuesta alrededor de 96 pesos; por consiguiente el usuario prefiere instalar dos tubos simples, sacrificando la eliminación del efecto estroboscópico, y aun más la compensación del factor de potencia, en aras a los 35 ó 40 pesos de diferencia. Tampoco tiene en cuenta el usuario, que dos equipos simples tienen 31 W de pérdida en las reactancias, mientras que en un equipo tulamp aquéllos son de sólo 15 W. El efecto estroboscópico no parece molestar mayormente a los usuarios, especialmente tratándose de comercios y de particulares.

Los industriales que dispongan de corriente trifásica logran eliminarlo conectando los equipos simples sobre distintas fases, con lo que las oscilaciones de luz de los tubos quedan decaladas de 120°.

Con dos tubos no se logra una uniformidad tan perfecta como con el equipo tulamp, pero perfectamente aceptable; empleando en cambio artefactos de tres tubos conectados cada uno sobre una de las tres fases, se obtiene una uniformidad perfecta.

Por estos motivos, los equipos tulamp tienen poca aplicación. En los EE. UU. en cambio, constituyen el 80 % de las ventas (1).

Ahora bien, las lámparas fluorescentes han tenido una extraordinaria difusión en los últimos años, y la carga reactiva que ellas representan ya no es despreciable y se traduce en una disminución del factor de potencia del consumo, disminución que es tanto más perjudicial, en cuanto coincide con las horas de máxima carga, y por consiguiente afecta la potencia máxima producible por la instalación.

Esta situación sólo se puede subsanar, obligando los usuarios a colocar el capacitor de compensación en cada tubo, obligación que sólo puede derivar de una medida adoptada por las autoridades competentes.

Una resolución de esta clase es indicada en una época de escasez de potencia como la actual y se justifica además por el hecho que el alumbrado fluorescente, aun compensado, siempre dará un factor de potencia inferior al del alumbrado incandescente.

Entendiéndolo así, las autoridades municipales de Mendoza, ya en el año 1945 (2) han adoptado una resolución en ese sentido, y sería conveniente que la medida se generalizara. Cabe mencionar qué resoluciones análogas ya han sido establecidas en ciudades de otros países y que en los Estados Unidos, como también en la mayoría de los países de Europa, todos los equipos fluorescentes que se venden en el comercio están compensados.

Se puede objetar con razón que la situación actual entre nosotros es motivada principalmente por la carencia de capacitores, dado que la producción nacional es insuficiente para cubrir las necesidades.

Es de suponer sin embargo que resoluciones como las de la municipalidad de Mendoza serían un aliciente para que algunos industriales se dedicaran a esta fabricación, que ya ha sido emprendida con éxito por algunos. La fabricación de capacitores no implica otras materias primas que papel, hoja de aluminio y aceite

(1) *Bulletin ASE* 1945, pág. 243.

(2) Decreto Nº 299 expedido por el Comisionado Municipal que establece que todas las instalaciones de alumbrado fluorescente deberán ser provistas y conservadas por cuenta del consumidor con dispositivos de corrección del factor de potencia el cual deberá ser mantenido a un mínimo de 90 % inductivo, autorizando al productor de energía a rechazar toda instalación que no cumpla con este requisito.

mineral, no exige maquinaria complicada, y sólo requiere una técnica cuidadosa. Aunque el papel necesario sea fabricado sólo por algunas fábricas extranjeras, es de suponer que nuestra industria papelera, que ya posee un alto grado de desarrollo, pueda intentarla con éxito.

Débese mencionar además que los capacitores tienen un vasto campo de aplicación en la industria radioeléctrica y en la electrotecnia en general.

Pero, aun teniendo que importarlos en el momento actual, compensarían con creces los gastos y los inconvenientes que derivan de la escasez de potencia y contribuirían a solucionar el problema.

CONCLUSIONES

Considerando el problema del factor de potencia desde un punto de vista estrictamente objetivo, es indispensable también de valorar su importancia en la justa medida de la realidad. De la breve reseña hecha en esta exposición resulta que es perfectamente posible apreciar la influencia del factor de potencia sobre los distintos aspectos, técnicos y económicos, que integran el problema, considerados como factores aislados, así como las ventajas que derivan de la compensación.

Resulta en cambio muy difícil traducir en cifras globales, aun aproximadas, los perjuicios que acarrea una disminución del factor de potencia a la economía eléctrica del país, ya que el cómputo implicaría el conocimiento de muchos valores: pérdidas, estado de carga de las centrales, de las máquinas y de las redes, curvas de carga, variaciones del factor de potencia, etc., datos que quizás se puedan obtener para casos aislados, pero muy difícilmente para un conjunto tan amplio, y que además requeriría cálculos sumamente extensos y, a pesar de todo, aproximados. Por otra parte, una interpretación superficial de las consecuencias de una disminución del factor de potencia puede fácilmente llevar a una apreciación errónea.

En un intento de establecer por lo menos el orden de magnitud de los perjuicios causados, citamos el ejemplo siguiente:

Según las estadísticas, la producción de energía eléctrica en el país durante el 1947 ha sido de 3345 GWh y el consumo de 2820 GWh [1] y por lo tanto hubo una pérdida de 525 GWh. Corresponden a

(1) *Revista Electrotécnica*, 1948, pág. 323.

estos valores una demanda máxima de quizás un millón de KW y una potencia de pérdidas en el pico de alrededor de 155.000 kW. Admitimos que las pérdidas correspondan totalmente al efecto Joule y que en la punta, todos los generadores hayan funcionado a su potencia nominal y al factor de potencia nominal, que suponemos sea de 0,9.

Admitiendo en cambio que durante el año 1948 la producción y el consumo fuesen iguales, pero que el factor de potencia en la punta disminuyera de 1/100, o sea a 0,89, esta reducción se traduciría en un aumento de las pérdidas de aprox. 4300 kW y una disminución de la potencia de las centrales por reducción de la potencia activa y de la aparente del orden de 15.000 kW, o sea en una merma total de aprox. 20000 kW. Al mismo resultado se llegaría si hubiéramos admitido una disminución del factor de potencia de 0,8 a 0,79, quedando las demás condiciones invariadas, siendo entonces la merma de 6200 kW por aumento de las pérdidas y del orden de 13000 kW, por la reducción de potencia de los alternadores.

Este valor de 20000 kW, que sólo representa el 2 % de la demanda máxima, corresponde sin embargo al 40 % de la potencia que, término medio, debería instalarse cada año y que cuesta tanto trabajo conseguir.

En las condiciones del ejemplo, una reducción del factor de potencia de 0,9 a 0,89 corresponde a un aumento de la potencia reactiva de 22.000 kVar, y de 16.400 KVar al pasar de 0,8 a 0,79. Suponiendo que tal aumento sea debido al reemplazo de alumbrado incandescente por equipos fluorescentes no compensados, correspondería a 270.000 y 220.000 tubos de 40 Watt (74 Var a factor de potencia 0,6) respectivamente, cifras que representan una posibilidad real.

Evidentemente, estas cifras constituyen sólo un ejemplo cuyos valores son posibles, pero sería aventurado afirmar en qué medida corresponden a no a la realidad. Lo cierto es que el factor de potencia en las horas de punta de las centrales más importantes del país ha disminuído de algunos centésimos en los últimos años y que esta circunstancia agrava la escasez de potencia a que tienen que hacer frente.

Creemos pues que el problema, sin tener una trascendencia excesiva, merece ser considerado con atención y que su resolución contribuirá, al igual que tantos otros, al esfuerzo de recuperación económica del país al cual todos estamos empeñados.

SALAS PUBL

la química argentina
FrancVal
de los cuerpos grasos

José Franchini

S.R.L. Capital m$n 450.000 — casa establecida en 1931

Se complace en recordar que produce las siguientes especialidades industriales:

ALCOHOLES GRASOS
ALCOHOL CETILICO
ALCOHOL OLEICO
ALCOHOLES GRASOS SULFONADOS

(Marca Reg. "ANDINIX" en pasta, en polvo y líquido)

ALQUIL-ARIL-SULFONATOS

(Marca Reg. "ALCOIL")

ACEITES EMULSIONABLES

(Marca Reg. "OLEAL")

JABON ANHIDRO EN POLVO

(Marca Reg. "FRANCVAL")

y otros detergentes sintéticos, humectantes, dispersantes y emulsionantes para las industrias químicas, textiles, del curtido, cosméticas, farmacéuticas, etc.

También recuerda que sus plantas industriales de Avellaneda (Argentina) y de Santiago (Chile) poseen una capacidad de producción muy superior a la necesidad del mercado sudamericano y ofrece su Departamento Técnico para la atención de consultas al respecto.

CARABELAS 2398 AVELLANEDA (F.C.S.) T. A. 22-4015

CRISTALERIAS MAYBOGLAS

Socio de la Unión Industrial Argentina

Sociedad de Responsabilidad Limitada

CAPITAL $ 1.000.000 m/n

•

MyB M. R.

ENVASES DE VIDRIO - TUBOS DE VIDRIO

Escritorio:
Cóndor 1625
T. A. 61-0212

Fabrica:
Tabaré 1630
T. A. 61-1480

YA ESTÁ SU BAÑO, SEÑOR!

Con el *tanque eléctrico*, en seguida, a cualquier hora del día o de la noche, Ud. dispone de un saludable baño caliente... En cuanto abre la canilla, el agua brota abundante y a la temperatura deseada!...

El *tanque eléctrico* ahorra tiempo. Es cómodo, limpio y seguro... En nuestras Exposiciones puede usted adquirirlo en cuotas mensuales.

CADE

COMPAÑIA ARGENTINA DE ELECTRICIDAD S. A.

AV. PTE. ROQUE SAENZ PEÑA 812 - T. A. 34, DEFENSA 6001
Y SUCURSALES EN CAPITAL Y PROVINCIA